

UEBER

HAFT- UND NAEHRWURZELN

BEI

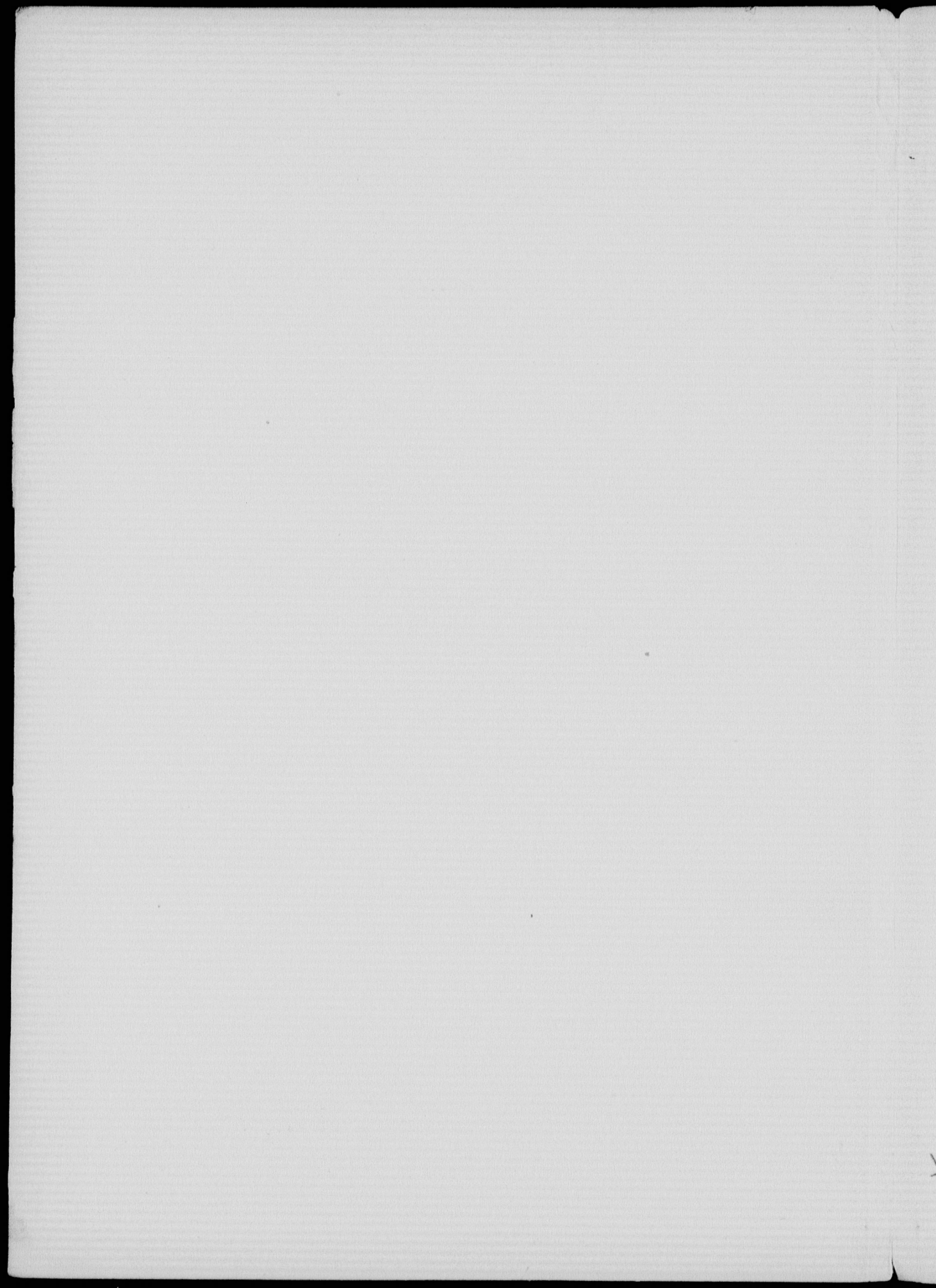
KLETTERPFLANZEN UND EPIPHYTEN.

VON

DR. F. A. F. C. WENT.

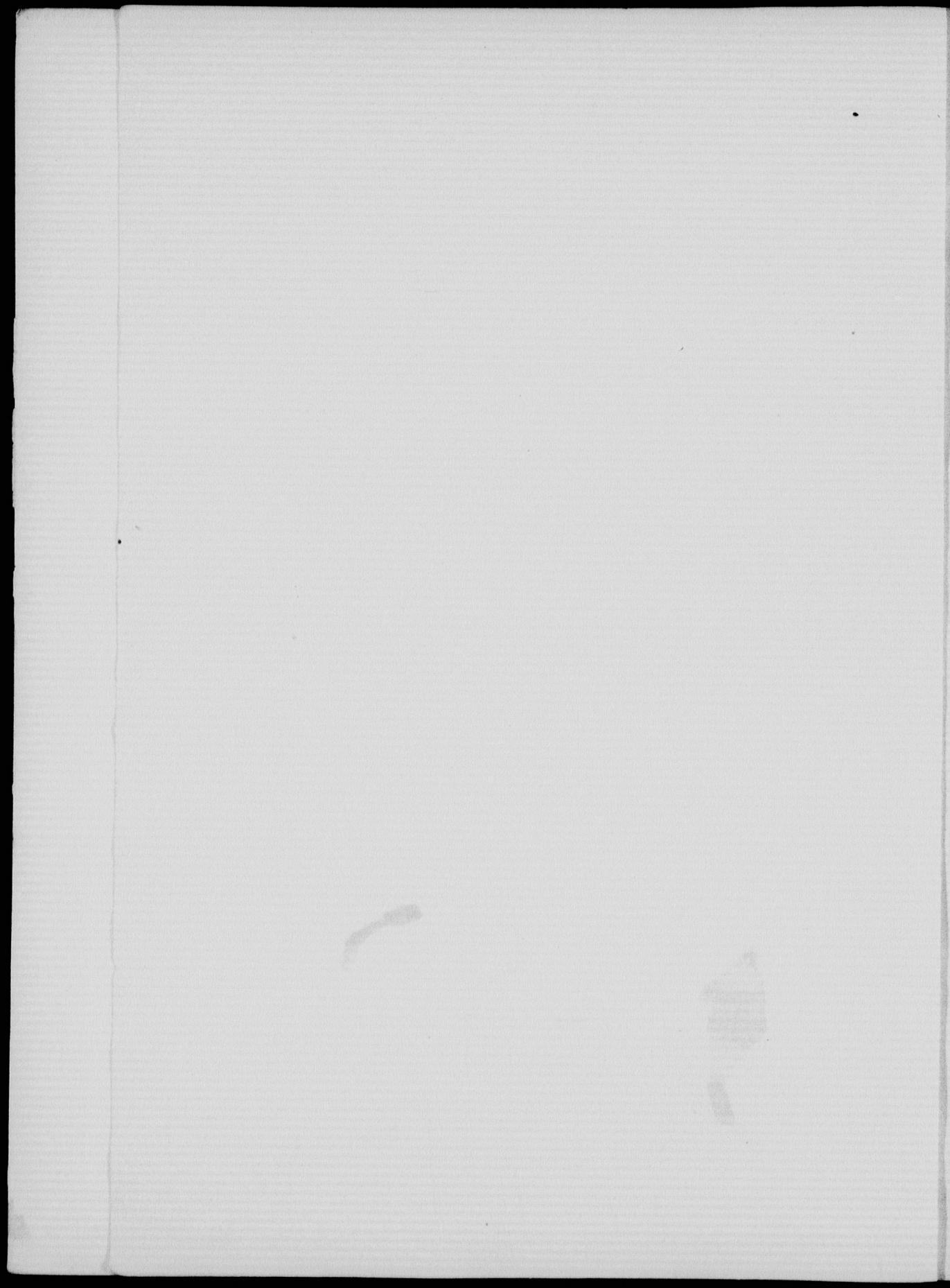
N

126



~~128~~
15.2

Botanisch laboratorium
Bibliotheek
Lange Nieuwstraat 106
3512 PN UTRECHT





N 126

UEBER HAFT- UND NAEHRWURZELN BEI KLETTERPFLANZEN UND EPIPHYTEN.

VON

D^r. F. A. F. C. WENT.

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



1768 1143

In seinen „Climbing Plants“ behandelte Darwin auch, wenn zwar nur sehr kurz, die Wurzelklettern. Er gibt dort aber folgende interessante, von ihm gemachte Beobachtung an¹⁾: „*Ficus repens* climbs up walls just like Ivy; when the young rootlets were made to press lightly on slips of glass, they emitted (and I observed this several times) after about a week's interval, minute drops of clear fluid, not in the least milky like that exsuded from a wound. This fluid was slightly viscid, but could not be drawn out into threads; it had the remarkable property of not drying. One drop, about the size of half a pin's head, I slightly spread out, and scattered on it some minute grains of sand. The slip of glass was left exposed in a drawer during hot and dry weather, and, if the fluid had been water it would certainly have dried in one or two minutes; but it remained fluid, closely surrounding each grain of sand, during 128 days; how much longer it would have remained I cannot say. Some other rootlets were left in contact during 23 days and then were firmly cemented to the glass. Hence we may conclude, that the rootlets first secrete a slightly viscid fluid, and that they subsequently absorb (for we have

1) Darwin, Journal Linnean Society, Febr. 2. 1865, p. 106. 107.

seen, that it will not dry by itself) the watery parts, and ultimately leave a cement The genus *Ficus* abounds with caoutchouc, and from the facts here given we may infer that this substance, at first in solution and ultimately modified into an unelastic cement, is used by *Ficus repens* to cement its rootlets to any object, which it may ascend. Whether most other plants, which climb by their rootlets, emit any cement, I do not know; but the rootlets of the Ivy, placed against glass, barely adhered to it, yet secreted a little yellowish matter. I may add, that the rootlets of *Marcgravia dubia* can adhere firmly to smooth painted wood”.

Diese Beobachtung Darwin's brachte mich auf den Gedanken, die Sache bei anderen Haftwurzeln einmal genauer zu untersuchen; ein Aufenthalt von etwa 4 Monaten im botanischen Garten zu Buitenzorg bot mir dazu die Gelegenheit; dabei wurden allmählich auch andere Fragen in die Untersuchung hineingezogen. Wegen der kurzen Zeit meines Aufenthaltes in Buitenzorg mussten meine Beobachtungen leider unvollständig bleiben, sodass die Sache weiter zu verfolgen sein wird, wozu ich wegen anderer Beschäftigungen augenblicklich nicht im Stande bin. Im Buitenzorger Garten harrt aber noch ein reiches Material der näheren Untersuchung, besonders in der Abtheilung der Kletterpflanzen, der Orchideen und im sogenannten Waldgarten.

Bevor ich zu meinen eigentlichen Beobachtungen übergehe, möchte ich noch bemerken, dass die hier gegebenen Pflanzennamen, wenn nicht anders bemerkt, diejenigen des botanischen Gartens zu Buitenzorg sind. Es ist bekannt, dass dieselben jetzt einer Revision unterworfen werden; wo diese noch nicht stattgefunden hat, sind die Namen, z. B. bei den Aroideen, oft etwas zweifelhafter Natur, aber weil Blüthen während der Zeit meines Aufenthaltes in Buitenzorg nur bei einigen dieser Pflanzen auftraten, war eine richtige Bestimmung meist nicht möglich.

DIE BEFESTIGUNG DER HAFTWURZELN DURCH WURZELHAARE.

Als ich nach den von Darwin für *Ficus repens* beschriebenen Kittmassen bei anderen Haftwurzeln suchte, stellte sich bald

heraus, dass sie alle mit Wurzelhaaren an ihr Substrat festgeheftet sind. Ich beobachtete diese Art und Weise der Befestigung bei folgenden Pflanzen:

Aroideae.

Anthurium digitatum, tripartitum, pseudopodophyllum.
 Scindapsus Schotti, pothoides, lingulatus, marantaefolius.
 Pothos aurea, scandens, nitens, spec. (Tsm. Borneo).
 Philodendron Irube, lacerum, melanochrysum (Taf. I, Fig. 1).
 Syngonium album, auritum.
 Tornelia dilacerata.
 Epipremnum mirabile.
 und einige nicht bestimmte Arten.

Orchideae.

Taeniophyllum Zollingerii.
 Vanilla planifolia, aphylla.
 Dendrobium crumenatum (Fig. 2), spec. (Palembang).
 Vanda suavis, Batemanni (Fig. 3), spec. (Morren, Blitar).
 Coelogyne Rochussenii.
 Phalaenopsis grandiflora, Parishii.
 Ornithidium coccineum.
 Cirrhopetalum Blumei.
 Polychilos cornu cervi.

Pandaneae.

Freycinetia javanica, Bennettii, angustifolia (Fig. 4).

Filices.

Acrostichum nummularifolium.
 Niphobolus elongatus.

Piperaceae.

Piper nigrum.
 Cubebe mollissima, officinalis.
 Chavica densa, Belle, Siriboa.

Artocarpeae.

Ficus spec.
 Conocephalus ovatus.
 Pipturus repandus.

Clusiaceae.

Clusia Brognartiana.

Araliaceae.

Paratropia quinduensis, *divaricata.*

Heptapleurum ellipticum (Fig. 5).

Aralia Hulferiana.

Cactaceae.

Cereus spec.

Melastomaceae.

Medinilla radicans, *pteroaula.*

Dissochaete cyanocarpa, *spec.*

Marumia muscosa.

Solaneae.

Solandra grandiflora.

Verbenaceae.

Premna parasitica.

Bignoniaceae.

Tecoma grandiflora.

Bignonia argyracea.

Cleystoma collystoides.

Asclepiadeae.

Hoya longifolia, *spec.*

Trachyospermum chinense.

Dischidia Rafflesiana, *bengalensis.*

Apocynae.

Apocynacea Japan (Miako Kadsoua).

Loganiaceae.

Fagraea crassifolia, *littoralis.*

Rubiaceae.

Poederia foetida, *Psychotria Sarmentosa.*

Aus obiger Liste ergibt sich wohl das allgemeine Vorkommen der Wurzelhaare als Befestigungsapparat bei den Haftwurzeln. Betrachten wir die Sache etwas genauer, dann sehen wir, dass die an der Peripherie der Wurzel gelegenen Zellen -- mögen diese nun zu einem Velamen gehören oder nicht -- zu Wurzelhaaren auswachsen, und zwar nur an der Stelle, wo sich

die Stütze befindet. Eine Wurzel, welche also frei in die Luft ragt, besitzt keine Wurzelhaare, mit wenigen Ausnahmen, wovon die Erklärung, wie wir bald sehen werden, gesucht werden muss in dem hohen Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre, was ja besonders in dem feuchten Klima Buitenzorg's so oft vorkommt. Eine wirkliche Ausnahme bilden aber die von mir untersuchten epiphytischen Farne, wo die Wurzeln immer ringsum von Wurzelhaaren umgeben sind; wenn eine solche Wurzel in die Nähe einer Stütze kommt, verlängern sich die Haare und heften sich der Stütze fest an. Abgesehen aber von diesen Fällen bilden sich die Wurzelhaare nur an der der Stütze zugekehrten Seite der Wurzel. Sie wachsen so lange, bis sie die Stütze erreicht haben und verbreitern sich dort oft haftscheibenähnlich; wahrscheinlich tritt bei Contact mit festen Körpern eine Wachstumsstörung ein und als Folge davon ein Auswachsen nach verschiedenen Richtungen, wodurch die Haarspitze eine Haftscheibengestalt erlangt. Wegen der grossen Menge durcheinanderwachsender Wurzelhaare (Fig. 1) bekommt man nun auf Schnitten oft ein pseudoparenchymatisches Bild. Wenn die Stütze eine unebene Oberfläche hat, wie z. B. Baumrinden, dann kriechen die Wurzelhaare in alle Risse derselben ein. Da die Haftwurzeln im Querschnitt meist kreisförmig sind, so werden natürlich die in der Mitte liegenden Wurzelhaare die kürzesten sein und werden dieselben länger je mehr sie seitwärts gelegen sind; endlich findet man dann an der Seite noch ein Paar freie Wurzelhaare, dann einige papillenartig hervorgewölbte Zellen, und die weitere Oberfläche der Wurzel ist ganz unbehaart. Bei dorsiventral gebauten Haftwurzeln, wie solche z. B. bei Orchideen und Aroiden vorkommen, ist die Bauchseite der Wurzel (welche also dem Substrate angeheftet ist) bisweilen ganz flach oder nur wenig gewölbt. Hier sind auch die Wurzelhaare alle meist gleich lang, mit Ausnahme der zu beiden Seiten zu äusserst gelegenen. Da diese Wurzeln auch oft dem Substrate sehr nahe angeschmiegt sind, so sind die Wurzelhaare auch meist sehr kurz, bisweilen nur als kleine Papillen sichtbar (Fig. 2). Auf den Tafeln sehen wir nun weiter abgebildet in Fig. 1 sehr lange,

durcheinander gewachsene Wurzelhaare, in Fig. 4 Wurzelhaare in einer geschlossenen Reihe, während sie in Fig. 3 und 5 zu einem Pseudoparenchym verwachsen sind. Bei verschiedener Einstellung des Objectivs zeigte sich, dass in Fig. 3 die beiden Pseudozellen α und α zu demselben Haar gehören und ebenso β und β . Ich mache noch darauf aufmerksam, dass die Wandverdickungen des Velamens der Orchideen oft auf die Wurzelhaare übergehen, wobei sie aber viel dünner und weniger breit werden und dabei aussehen als wenn sie mit dem Wachsthum des Haares in die Länge gezogen seien (Fig. 2); van Tieghem ¹⁾ hat dasselbe übrigens auch schon beobachtet.

Die Wurzelhaarbildung bei den Haftwurzeln wurde eben schon von verschiedenen Beobachtern gesehen, meist bei Orchideen, aber dass das allgemeine Vorkommen derselben zur Befestigung der Haftwurzeln nicht bekannt war, geht schon aus der oben angegebenen Stelle bei Darwin hervor. Was wir von der Haarbildung bei Orchideenluftwurzeln wussten, verdanken wir hauptsächlich Leitgeb ²⁾. Wurzelhaarbildung war schon von Meyer und Robert Brown beobachtet; indess hielten diese ebensowenig wie Oudemans dieselbe für eine allgemeine Erscheinung bei Orchideen. Dagegen gab Chatin ³⁾ an, dass sie sich bei dieser Familie überall bilden, wo die Wurzel mit einem festen Körper in Berührung kommt. Leitgeb fand oft schon Haare bei frei in die Luft ragenden Wurzeln, aber jedenfalls überall dort, wo sich die Wurzel einer Stütze anlegt. Bisweilen fand er diese Haare durch Spiralfasern verdickt, oft auch verzweigt. Bei *Angraecum subulatum* und *Maxillaria rubrofusca* fand er nur Papillen, ebenso bei *Vanilla planifolia*, wo er sie aber an älteren Wurzeln wieder verschwinden sah. Von *Eria stellata* wird angegeben, dass die Wurzeln mit einer dichten filzartigen Haarschicht versehen sind; haben diese Wurzeln sich aber in Moos oder loser Erde gebildet, dann fehlen diese Haare ganz.

1) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 1884, p. 689.

2) Leitgeb, *Die Luftwurzeln der Orchideen*. Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, Math. Nat. Kl., 24. Bd., 1865, p. 190.

3) Chatin, *Anatomie des plantes aériennes de l'ordre des Orchidées*. Mém. d. l. Soc. impér. d. Sc. nat. de Cherbourg, T. IV, 1856, p. 1—18.

Das Auswachsen der Epidermiszellen der Luftwurzeln von *Hoya carnosa* wurde schon von Fockens¹⁾ und nachher von Franke²⁾ beschrieben. Letzterer hat auch beim Epheu die Wurzelhaarbildung gesehen und sagt dort u. A.: „Wenn im Laufe ihrer Entwicklung Epheulftwurzeln sich begegnen, so wachsen an den einander genäherten Stellen viele Epidermiszellen derselben zu mehr oder minder langen Papillen aus. Diese treffen später von entgegengesetzten Seiten zusammen, platten sich ab und verwachsen mit einander, wobei ihre Zellmembranen durch eine Art Intercellularsubstanz verkittet werden. . . . Die von den Verwachsungsstellen entfernteren Epidermiszellen wachsen in lange einzellige Wurzelhaare aus“. Wir sehen also Aehnliches wie bei den tropischen Haftwurzeln. Uebrigens wurde die Wurzelhaarbildung beim Epheu schon von van Tieghem³⁾ beschrieben, und selbst schon eine Abbildung von Gasparrini⁴⁾ zeigt uns, dass dieser sie gesehen.

Dass Wurzelranken, speziell die von *Lycopodium rupestre* und *Vanilla aromatica*, sich der Wurzelhaare bedienen zur Befestigung, war schon Mohl bekannt, welcher u. A. Folgendes mittheilt⁵⁾: „Wo die Ranke mit einem fremden Körper in Berührung kommt, sei er todt, oder sei es eine lebendige Pflanze, so treibt sie an der Berührungsstelle einen dichten Filz von feinen Wurzelfäserchen, mit denen sie sich fest an die Stütze anhängt“.

Ueber die Wurzelhaare bei den Haftwurzeln der Aroideen findet man theils einige Abbildungen mit Beschreibung bei van Tieghem für *Monstera repens*⁶⁾ und noch früher für Philoden-

1) Fockens, Ueber die Luftwurzeln der Gewächse. Inaug.-Diss., Göttingen, 1857, p. 63. 71.

2) Franke, Beiträge zur Kenntniss der Wurzelverwachsungen. Cohn's Beitr. z. Biologie d. Pfl., Bd. III, 1883, p. 320. 321. 323. 324.

3) Van Tieghem, Ann. d. Sc. nat., 5^e Sér., Bot., T. XIII, p. 231. 243.

4) Gasparrini, Ricerche sulla natura degli succiatori e la escreszione delle radici, 1816, T. III, fig. 19, p. 33.

5) H. Mohl, Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen, Tübingen, 1827, p. 48.

6) Van Tieghem, Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. Ann. d. Sc. nat., 5^e Sér., Bot., T. XIII, 1870, p. 5.

dron micans, *Syngonium auritum*, *Homalonema rubescens*, *Rhaphidophora pinnata* und *Anthurium Miquelianum*¹⁾, theils einige Angaben bei Lierau²⁾, welcher sie nie secundär verdickt fand, wie das bei vielen Orchideen vorkommt.

Schimper³⁾ macht endlich ein Paar Angaben über Befestigung von Epiphyten, dass nämlich Bromeliaceen sich durch Ausscheidung eines Kittes auf spiegelglatter Oberfläche festheften können, und dass auch Orchideen auf völlig glatter Oberfläche, sogar auf Blättern, zu leben vermögen, dass aber die meisten Epiphyten selbst nicht auf glatter Rinde zu gedeihen vermögen.

Es fragt sich jetzt, welche äussere Umstände die Wurzelhaarbildung veranlassen. Natürlich wird man hier gleich Berührung mit einem festen Körper nennen, aber es zeigte sich bald, dass diese Berührung keine nothwendige Bedingung ist, sondern dass die Haare sich auch bilden, wenn die Wurzel sich in der Nähe einer Stütze befindet und dann auch wieder nur an der der Stütze zugekehrten Seite. Ich liess freihängende Luftwurzeln verschiedener Aroideen und Orchideen an Objectträgern entlang wachsen; es bildeten sich Wurzelhaare an der dem Objectträger zugekehrten Seite, auch wenn die Wurzel sich in einiger Entfernung von diesem Gegenstand befand. Bei Berührung zeigte sich, dass der Reiz sich auch an beiden Seiten der Berührungsstelle ausbreitete, denn die Wurzelhaarbildung konnte noch an ziemlich weit von diesem Orte liegenden Stellen beobachtet werden. Bei *Scindapsus pothoides* sah ich eine Haftwurzel zwischen dem Stengel und der Stütze hindurchwachsen, ohne diese zu berühren; dennoch war sie an dieser Stelle ringsum mit Wurzelhaaren bedeckt. Es schien mir also, dass nicht die Berührung mit einem festen Körper als Reiz wirkte, sondern

1) Van Tieghem, Structure des Aroidées. Ann. d. Sc. nat., 1e Sér. Bot., T. VI, 1866, p. 111. 119. 122. 153. 165.

2) Max Lierau, Ueber die Wurzeln der Araceen. Engler's Bot. Jahrb. f. Sept., 9ter Bd., 1888, p. 10.

3) A. F. W. Schimper, Die epiphytische Vegetation Amerikas. Bot. Mitth. a. d. Tropen, Heft 2, Jena, 1888, p. 92 ff.

dass irgend ein anderer Reiz hierbei im Spiele sein musste; natürlich wurde dabei gedacht an Abwesenheit von Licht und erhöhte Luftfeuchtigkeit. Um mich davon zu überzeugen, liess ich Haftwurzeln der verschiedensten Pflanzen in Flaschen von schwarzem Glase wachsen, wobei diese Flaschen so trocken wie nur irgend möglich gehalten wurden¹⁾; dann liess ich diese Wurzeln in gewöhnliche Glasflaschen wachsen, wobei ich die Atmosphäre innerhalb der Flaschen theilweise feucht hielt durch Bespritzen der Innenwand mit Wasser, und theilweise diese Flaschen so trocken wie nur möglich anwandte. Mit schwarzen Flaschen wurden nicht viele Versuche ausgeführt, da mir diese Gefässe nur in kleiner Zahl zu Dienste standen; in allen Fällen aber bildeten sich im Innern derselben Wurzelhaare; dies geschah bei: *Philodendron melanochrysum*, *Freycinetia javanica*, einer nicht näher bestimmten Orchidee, *Vanda spec.* Morren von Blitar, *Phalaenopsis grandiflora*, *Phalaenopsis Parishii* und *Polychilos cornu cervi*. In trocken gehaltenen Flaschen von hellem Glase bildeten sich die Wurzelhaare nicht bei *Vanda spec.* Morren von Blitar und *Phalaenopsis grandiflora*, hingegen wohl bei *Philodendron melanochrysum*. Hierbei ist aber zu beachten, dass es ziemlich schwierig ist, die Luft in diesen Flaschen gut trocken zu halten; natürlich würde sich mit besseren Apparaten doch mit vollkommener Sicherheit schliessen lassen, ob Dunkelheit allein die Bildung der Wurzelhaare anregt, aber bei so kurz dauerndem Aufenthalt waren diese Versuche in Buitenzorg nicht ausführbar. Bei einem anderen Versuche hatte ich junge Aroideenpflänzchen in einen Dunkelschrank gestellt, der ziemlich oft täglich geöffnet wurde, und wo die Feuchtigkeit daher nicht viel grösser war als im Laboratoriumszimmer; es bildeten sich aber dennoch Wurzelhaare an allen Luftwurzeln bei *Pothos aurea*, *Philodendron melanochrysum* und zwei nicht näher bestimmten Arten.

Ein erhöhter Feuchtigkeitsgrad der Luft genügt aber zur Bil-

1) Natürlich wurde keine vollkommen trockene Luft genommen, und darum kein Cacez in die Flaschen gebracht, wie Frank Schwarz (Die Wurzelhaare der Pflanzen. Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen, Bd. I, Heft 2, 1883, p. 161) das früher gethan.

dung der Wurzelhaare; das ging aus den Versuchen hervor mit Wurzeln, welche in feuchtgehaltenen, hellen Glasgefäßen gewachsen waren; ich beobachtete dort Wurzelhaarbildung bei allen untersuchten Pflanzen, und zwar bei: *Philodendron melanochrysum*, *Pothos aurea*, *Aroidearum spec.*, *Freycinetia javanica*, *Vanda suavis*, *Phalaenopsis grandiflora*, *Phalaenopsis Parishii*, *Dendrobium spec. Palembang (Voûte)*, *Polychilos cornu cervi*, *Coelogyne Rochussenii*, *Chavica Siriboa*, *Conocephalus ovatus*, *Urostigma Karet*, *Medinilla pterocaula*, *Medinilla radicans*, *Medinilla spec.*, *Heptapleurum ellipticum*, *Aralia Hulferiana*, *Solandra grandiflora*, *Hoya Cumingiana*, *Cleystoma collystoides*, *Tecoma grandiflora*, *Trachylopermum chinense*. Es geht also aus dem Gesagten hervor, dass sowohl erhöhte Feuchtigkeit der Luft, wie auch anhaltende Dunkelheit (oder wohl eher wirkt das Licht störend auf die Bildung der Haare) die Wurzelhaarbildung bei Luftwurzeln anregen. Das zeigt sich übrigens auch schon im Freien: Wenn die Luft in Buitenzorg wegen anhaltenden schweren Regens während einiger Tage mit Wasserdampf ungefähr gesättigt bleibt, so bilden sich die Wurzelhaare auch schon an den frei herabhängenden Luftwurzeln; dasselbe sieht man auch in einem kleinen Treibhause von Laten, wo Farne u. dergl. gezogen werden und die Luft fortwährend kühl und feucht gehalten wird.

In den meisten der oben beschriebenen Fälle zeigt es sich auch, dass die Wurzel allseitig mit Wurzelhaaren umringt ist, und dass hier also keine Localisiring dieser Function hat stattgefunden; es giebt aber Ausnahmefälle, und das besonders bei dorsiventral gebauten Wurzeln. Da es mir wahrscheinlich zu sein schien, dass hier einige Modificationen zu finden sein würden, so wurden mit diesen Wurzeln einige Versuche ausgeführt.

In einigen Fällen, z. B. bei dem bekannten, von Goebel ¹⁾ beschriebenen *Taeniophyllum Zollingerii*, gelang es mir nicht, die Wurzeln am Leben zu erhalten, wenn sie vom Substrat losgelöst waren, in anderen Fällen aber konnte ich derartige

1) K. Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen, I, Marburg, 1889, p. 193 ff.

Wurzeln in feuchter Luft wachsen lassen; das geschah bei *Polychilos cornu cervi*, *Phalaenopsis Parishii*, *Phalaenopsis grandiflora*, *Vanda spec.* (Morren, Blitar) und *Dendrobium spec.* (Voûte, Palembang). Ausnahmslos bildeten sich hier die Wurzelhaare nur an der normalerweise der Stütze angeschmiegtten Bauchseite der Wurzel. Es fragte sich jetzt nur, ob vielleicht das Licht hier irgend einen Einfluss ausübte; darum wurden diese Versuche auch vorgenommen in schwarzen Flaschen, welche im Innern feuchtgehalten wurden. Bei *Phalaenopsis Parishii* und *Polychilos cornu cervi* entstanden die Wurzelhaare auch jetzt nur an der Bauchseite, was zwar auch geschah bei *Phalaenopsis grandiflora*, aber die Wurzeln dieser Orchidee bildeten jetzt auch an einigen anderen Stellen kleine Haarbüschel, während bei der *Vanda spec.* die Wurzelhaarbildung allseitig stattfand; hier war also die Dorsiventralität noch vom Lichte abhängig und deshalb nicht so vollkommen ausgebildet wie in den beiden zuerst genannten Fällen, während *Phalaenopsis grandiflora* einen Uebergang darstellt.

De Janczewski hatte diese localisirte Wurzelhaarbildung bei dorsiventralen Orchideenluftwurzeln auch schon beobachtet. Er schreibt z. B. für *Aëranthes fasciola* ¹⁾: „Les racines de l'A. f. sont fixées à leur substratum à l'aide de poils radicaux, développés aux dépens des éléments extérieurs du voile. Comme il est aisé de le prévoir, ces poils n'apparaissent que sur la partie plus saillante de la côte et adoptent tantôt la forme de sacs courts et irréguliers, tantôt la forme de tubes élargis et boursofflés dans leur sommet, suivant que la racine était plus ou moins étroitement appliquée à la surface de son substratum”. Aehnliches wird mitgetheilt von *Phalaenopsis amabilis* und *Sarcanthus rostratus*, während er alle Wurzeln von *Epidendrum nocturnum* ohne Wurzelhaare fand; von dieser Pflanze gibt er auch an, dass die Dorsiventralität im Dunklen verschwindet. Diese Versuche sind aber leider nicht gut ausführbar in euro-

1) E. de Janczewski, Organisation dorsiventrale dans les Racines des Orchidées. Ann. d. Sc. nat., 7^e Sér., Bot., T. II, 1885, p. 20.

päischen Gewächshäusern, wo viele Pflanzen sich unter ganz abnormen Lebensbedingungen befinden ¹⁾).

Während eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre sehr günstig ist für die Entwicklung der Wurzelhaare, ist das nicht mehr der Fall, sobald man sie in Wasser wachsen lässt. Ich habe in dieser Art etwa 10 Versuche gemacht, Wurzelhaarbildung zu bekommen; das ist mir aber nie gelungen.

Ebenso wie Frank Schwarz ²⁾ fand auch ich, dass Feuchtigkeitsdifferenzen keine hydrotropischen Krümmungen der Wurzelhaare veranlassen, was daraus hervorgeht, dass sie senkrecht von der Oberfläche der Wurzel weiter wachsen, bis sie eine Stütze erreichen, unabhängig von der Anwesenheit irgend eines feuchten Körpers in der Nähe. Den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Wurzelhaarbildung bei Luftwurzeln hat Frank Schwarz übrigens auch schon richtig erkannt, wie aus folgender Stelle hervorgeht ³⁾: (Die Luftwurzeln) „produciren in mässig feuchter Luft keine Haare; sobald man sie jedoch in einen mit Wasserdampf erfüllten Raum leitet, bedeckt sich der ganze apikale Theil der Wurzeln dicht mit Haaren, ebenso verhält es sich, wenn man die Wurzeln in Wasser oder in Erde wachsen lässt. . . . Dieselben (Wurzeln von *Philodendron dipinnatifidum*) wuchsen zuerst in Luft, wurden dann in Erde geleitet und bildeten hier Wurzelhaare. Als sie nun wieder aus der Erde herauswuchsen und in die weniger feuchte Luft kamen, hörte auch die Wurzelhaarproduction auf und die Wurzel nahm ihre frühere Beschaffenheit wieder an“.

Nun ist die Frage, wie sich diese Wurzelhaare festheften. Wie ich oben schon mittheilte, kriechen sie in alle Risse und Spalten der Stütze ein und erweitern sich an ihrer Spitze haftscheibenähnlich. Wo also die Haftwurzeln an einer glatten Fläche entlang wachsen, heften sie sich nicht fest; in der Natur

1) Goebel, l. c., p. 197. 198.

2) Frank Schwarz, Die Wurzelhaare der Pflanzen. Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen, Bd. I, Heft 2, 1883, p. 142.

3) Frank Schwarz, l. c., p. 154.

sah ich dies einige Male, als Haftwurzeln von Aroideen Blätter mit glatter Oberfläche als Stütze benutzten. Sie bildeten dort zwar Wurzelhaare, hatten sich aber nicht festgeheftet. Durch Versuche mit Glasplatten (Objectträger) kam ich zu demselben Resultat; auch hier bildeten die Wurzeln in etwa 15 verschiedenen Fällen Wurzelhaare, welche bis gegen die Glasfläche wuchsen, aber nicht daran haften blieben. Wenn aber diese Wurzeln an einer Fläche entlang wachsen, welche uneben ist, Risse oder Spalten oder Haare besitzt, werden sie bald sehr fest damit verbunden mit Hilfe der Wurzelhaare; das sieht man in der Natur bei Baumrinden und Holz, geschah aber auch künstlich, als ich sie an Segeltuch entlang wachsen liess.

Verschleimt nun aber doch nicht die äussere Zellhautschicht der Wurzelhaare, sodass diese sich ähnlich verhalten wie die Wurzelhaare der unterirdischen Wurzeln es nach Frank Schwarz¹⁾ thun? Bei Wurzeln, welche an Baumrinden festgeheftet sind, sieht man oft zwischen den Wurzelhaaren und der Rinde eine mehr oder weniger dicke Schleimschicht (Fig. 1. 3. 4. 5). Dieselbe enthält dabei niedere Algen, Bacterien, Pilzfäden oder Lichenen, und es ist also nicht ausgeschlossen, ja selbst wahrscheinlich, dass diese Organismen die Schleimbildner waren; in einigen Fällen kann man das direct beobachten. Man sieht aber auch oft, dass Wurzelhaare, welche frei nebeneinander entstehen, sich nachher seitwärts aneinanderlegen und festhaften bleiben, sodass ein Pseudoparenchym, wie oben beschrieben, entsteht. Ob hierbei nun die äusseren Zellhautschichten verschleimten und die Wurzelhaare in dieser Art aneinander festhaften bleiben, wage ich nicht zu entscheiden. Bei frei in die Luft wachsenden Wurzelhaaren konnte ich bisweilen Spuren einer Schleimschicht an der Aussenseite der Zellhaut unterscheiden; indess sind meine Beobachtungen nicht ausgedehnt genug, um hier weiter darauf einzugehen. Aus den oben angeführten Versuchen geht ja auch schon hervor, dass diese Schleimbildung, wenn sie überhaupt dazu benutzt wird, doch nur eine ganz oberflächliche Festhaftung an das Substrat ergibt.

1) Frank Schwarz, l. c., p. 142.

Dagegen sieht man ziemlich oft eine Schleimbildung um den ganzen jüngsten Theil der Wurzel herum; bei trockenem Wetter trocknet dieser Schleim ein; wenn es aber geregnet hat, fühlen sich diese Wurzeln ganz schleimig an. Man kann das leicht beobachten bei verschiedenen Orchideen und Aroideen, bei Freycinetia, bei verschiedenen Urostigma-Arten und anderen Pflanzen. Bei den Aroideen ist es am stärksten ausgebildet bei *Syngonium album*, wo die stark dorsiventralen Nährwurzeln an ihrer Bauchseite an der Spitze ganz schleimig sind. Noch auffallender finden wir es aber bei *Medinilla radicans* (Fig. 6). Die stark nutirenden Stengel dieser Pflanze haben unter jedem Knoten eine Anzahl kurzer Haftwurzeln, die sich an der physiologischen Rückenseite des Stengels befinden. An den jüngsten Internodien, wo diese Wurzeln aus dem Stengel hervortreten, sind sie ganz von einer Schleimmasse umgeben, wenigstens wenn es geregnet hat. Bei anhaltender Trockenheit ist von diesem Schleim wenig zu sehen; sowie man aber die Wurzeln anfeuchtet, quillt er wieder auf. Bei älteren Wurzeln ist der Schleim verschwunden; diese sind aber auch, wenn sie keine Stütze erreicht haben, ganz vertrocknet. Es kommt mir nämlich vor, dass dieser Schleim hauptsächlich den jungen Wurzeln einen Schutz gegen Austrocknen liefert, event. auch Wasser anziehen kann; entfernt man ihn soweit wie möglich, dann trocknen die Wurzeln bald aus und sterben. Bei anderen luftwurzelnbildenden *Melastomaceae* kommt oft auch eine geringe Schleimbildung vor, am meisten noch bei *Melastoma pterocaula*, aber nie in dem Maasse wie bei *Medinilla radicans*.

Es scheint mir, dass dieser Schleim bei den Haftwurzeln überhaupt eine Schutzeinrichtung gegen Trockenheit darstellt; damit hängt dann auch zusammen, dass man ihn nur an jungen Wurzeln oder an den jüngsten Theilen der Wurzeln findet. Man würde leicht versucht sein, ihn als ein Mittel zu betrachten, womit Luftwurzeln sich an ihr Substrat festheften, aber wenn man bedenkt, dass bei jedem Regen dieser Schleim wieder aufquillt und dass er überhaupt nicht trocknet, wenn die Wurzel eine feuchte Stütze ergriffen hat, so wird man wohl

die Unhaltbarkeit dieser Meinung zugeben müssen. Uebrigens gelang es mir bei diesen Wurzeln nie, Gegenstände, auch wenn sie sehr leicht waren, daran festkleben zu lassen, mit einer einzigen Ausnahme; diesen Ausnahmefall finden wir wieder bei *Medinilla radicans*. Hier wurden Objectträger fest an diese Wurzeln gebunden; als nach einigen trocknen Tagen die Befestigungsdrähte losgeschnitten wurden, blieb der Objectträger an den Wurzeln hängen, aber der leiseste Windstoss machte ihn herabfallen. Mag also auch in der trocknen Jahreszeit dieser Schleim die Wurzeln etwas an die Stütze festheften, so geht aus dem Vorigen doch wohl hervor, dass er in der Hauptsache die jungen Wurzeln so lange vor Austrocknen schützt, bis der Stengel sich gegen eine Stütze angelegt hat, worauf die Wurzeln ihre Wurzelhaare bilden. Erreicht der Stengel keine Stütze, so gehn die Wurzeln alsbald zu Grunde; sie würden dann auch nutzlos geworden sein.

Was die chemischen Reactionen dieses Schleimes betrifft, so quillt er, wie gesagt, in Wasser stark auf, ist unlöslich in Alkohol, wird mit Jod schwachgelb, mit Chlorzinkjod braunviolett. Er wird mit Corallin roth tingirt, entfärbt sich aber wieder in kaltem absolutem Alkohol. Mit Nigrosin erhielt ich keine oder nach 24 Stunden eine kaum sichtbare Tinction, die wohl eher von den vorhandenen Einschlüssen herrührte. Wie aus diesen Reactionen hervorgeht, haben wir hier einen dieser wenig bekannten Körper, die aus Cellulose hervorgehen und welche man unter dem Namen Pflanzenschleim zusammenfasst.

Dass die Haftwurzeln oft sehr fest an die Stütze angeheftet sind, sah ich in einem Fall sehr deutlich, wo eine epiphytische Aroidee durch irgend eine Ursache von dem Baum, worauf sie wuchs, heruntergestürzt war; theilweise waren die Haftwurzeln von der Stütze losgetrennt, andrentheils aber waren sie daran sitzengeblieben und also mitten durchgerissen; diese Aroidee war eine sehr schwere Pflanze, da sie eine enorme Grösse hatte.

Welches Gewicht die Haftwurzeln zu tragen vermögen, geht wohl am besten aus einigen Versuchen hervor, die ich mit

epiphytischen Ficusarten anstellte, nämlich mit solchen, welche den malayischen Namen „wringin“ führen.

Aus den in der letzten Zeit gegebenen Beschreibungen Schimper's und Goebel's ist zur Genüge bekannt, dass diese Pflanzen sich auf irgend einem Baum ansiedeln, sich dort mit ihren Haftwurzeln (die man wohl Tauwurzeln nennen könnte) festheften und dann Nährwurzeln bilden, welche in schnellem Wachstum senkrecht der Erde zuwachsen und sich dort verzweigen. Der Baum, welcher als Stütze dient, wird also bald von einigen dieser in die Erde festgeankerten Nährwurzeln umgeben. Es zeigte sich mir, dass in diesen Wurzeln eine starke negative Spannung sich vorfindet, sodass die Wurzel eine Neigung hat, sich zu verkürzen. Wenn also der Ficus nicht sehr fest mit der Stütze verbunden wäre, würde er heruntergezogen werden, denn die Spannung in den Nährwurzeln ist sehr gross. Um über die Grösse derselben eine Idee zu bekommen, machte ich einige Versuche an in Buitenzorg wildwachsenden Individuen, welche nur erst mit einer einzigen Nährwurzel im Boden befestigt waren.

Eine Nährwurzel eines Ficus war 5,5 M. lang, oben und unten ungefähr gleich dick, wobei der Durchmesser etwa 10 Mm. betrug. 1,4 M. oberhalb des Bodens wurde eine Marke angebracht und an dem darüber gelegenen Theil einige weitere Marken (mit chinesischer Tusche), sodass dieser Theil in die Querzonen I—V eingetheilt war, deren Länge in untenstehender Tabelle in der ersten Reihe angegeben ist, wobei I die unterste Zone darstellt (Alles in Mm.):

Querzonen.	Ursprüngliche Länge.	Nachdem sie 3 Stunden abgesehen.	Rinde 2 Stunden später.	Peripherischer Theil des Holzkörpers 2 Stunden später.	Centraler Theil des Holzkörpers 2 Stunden später.
I.	53	51,5	—	—	—
II.	69	68	66	66	69,5
III.	56	54,5	52,5	52,5	55,5
IV.	74	72,5	71,5	72	75
V.	51	49,5	49	48,5	51

Darauf wurde die Wurzel bei der unteren Marke durchschnitten, worauf beide Stücke sich verkürzten, sodass der Abstand zwischen den beiden Schnittenden 20 Mm. betrug. An das obere Stück wurde ein Gewicht von 25 Kg. gehängt, was eine Verlängerung von 12 Mm. ergab; darauf ein Gewicht von 50 Kg., wobei die Verlängerung 22 Mm. betrug, aber zu gleicher Zeit die junge Ficuspflanze sich etwas bewegte; es war also wohl gerade die Grenze der Belastung, welche sie tragen konnte, erreicht. Bei den vorher angebrachten Marken wurde die Wurzel jetzt in Stücke getheilt; diese liess ich 3 Stunden in einem feuchten Raum liegen und mass darauf ihre Länge wieder, was in der zweiten Reihe der Tabelle angegeben ist. Jetzt wurde die Rinde von dem Holzkörper getrennt und dieser selbst auch noch wieder in einen centralen und einen peripherischen Theil gespalten. 2 Stunden später wurde wieder gemessen; das ergab Resultate, die in den 3 letzten Reihen der Tabelle dargestellt sind.

Aus dieser Tabelle geht also hervor, dass beim Durchschneiden der Wurzel nicht etwa das eine Stück etwas in die Erde hinabgezogen und das andere von der Pflanze hinaufgezogen wird, sondern dass jedes Stück der Wurzel eine Neigung hat, sich zu verkürzen; diese Neigung ist am stärksten in der Rinde und dem peripheren Theil des Holzkörpers (in letzterem vielleicht noch etwas stärker als in der Rinde), während sie im centralen Theil des Holzkörpers, der eher eine Neigung hat, sich zu verlängern, nicht besteht. Als ich die Stücke in Wasser legte, konnte keine Veränderung der Länge constatirt werden.

Das zweite Beispiel betrifft eine Ficusart, von welcher die Nährwurzel 9 M. lang war, während der Durchmesser ungefähr 17 Mm. betrug. Die Wurzel wurde 1,25 M. oberhalb des Bodens durchschnitten, worauf der Abstand zwischen den Schnittflächen 20 Mm. betrug; innerhalb einer Woche vergrösserte sich dieser Abstand bis zu 100 Mm. Darauf wurden Gewichte an das obere Stück der Wurzel gehängt und die Verlängerung gemessen; diese betrug bei einer Belastung von 81,5 Kg.: 8 Mm., von 131,5 Kg.: 19 Mm., von 176,5 Kg.: 30 Mm., von 206,5 Kg.: 34 Mm. und von 226,5 Kg.: 37 Mm.

Jetzt wurde die Wurzel in Stücke getheilt und jedes Stück mittels 2 senkrecht auf einander stehender Radialschnitte in Sektoren zerlegt. Diese krümmten sich gleich, wobei die Rinde an der concaven Seite lag; also auch hier eine Verkürzung der Rinde und eine Verlängerung des centralen Theiles des Holzkörpers. Als ich die Spaltung bei diesen Sektoren so vornahm, dass jeder durch Tangentialschnitte wieder in drei Längsstreifen getheilt wurde, war der äussere, welcher nur aus Rinde bestand, nicht mehr gebogen, ebenso wenig der innere Theil, welcher sich dagegen etwas verlängerte; der mittlere Streifen blieb aber gebogen, wenn auch etwas weniger stark. Als ich die Stücke in Wasser legte, konnte ich keine Veränderung constatiren. Also auch hier sehen wir, dass die negative Spannung hauptsächlich in der Rinde und dem peripheren Theil des Holzkörpers ihren Sitz hat.

Endlich wurde noch eine dritte, viel dickere Wurzel untersucht, und zwar bei einer Ficusart, welche in einem Canarienbaum des Buitenzorger Gartens ihren Sitz hatte. Die Nährwurzel hatte eine Länge von 11,2 M. und einen Durchmesser von 120 Mm. In einer Höhe von 1,23 M. oberhalb des Bodens wurde die Wurzel durchgesägt; bei dem Sägen zeigte sich die negative Spannung schon sehr deutlich, und als die Trennung vollbracht war, wobei das zuletzt übrig gebliebene Verbindungsstück durch die Spannung der Wurzel durchgerissen wurde, betrug der Abstand der beiden Schnittflächen 10 Mm., während dieser 24 Stunden später zu 14 Mm. gewachsen war. Während 2 Stunden wurden an das obere Stück 145 Kg. gehängt, ohne dass sich dieses verlängerte; selbst 230 Kg. vermochten keine sichtbare Verlängerung hervorzurufen.

Ueber die Ursache dieser eigenthümlichen negativen Spannung der Nährwurzeln bei epiphytischen Ficusarten ¹⁾ wage ich nicht, eine Behauptung aufzustellen; dazu müsste die Sache viel eingehender untersucht werden. Als ich die Erscheinung

1) Vor Kurzem beobachtete ich, dass eine ähnliche Spannung auch in den Verzweigungen der Nährwurzeln und den Haftwurzeln bei Ficus gefunden wird.

zum ersten Male beobachtete, dachte ich mir, dass vielleicht ein nachträgliches Längenwachsthum des Baumes, der als Stütze benutzt wurde, eine Dehnung der Nährwurzel verursacht habe, aber — selbst abgesehen davon, dass dann doch die am meisten central gelegenen Theile der Wurzel nicht die am mindesten gedehnten sein konnten — in den hier beschriebenen drei Fällen waren die Stützen so alt, dass der Theil, auf welchem sich die Ficuspflanzen festgesetzt hatten, schon seit verschiedenen Jahren kein Längenwachsthum mehr hatte zeigen können. Da auch der Turgor hier keine Rolle zu spielen scheint, so haben wir jedenfalls eine andere Erscheinung als die von de Vries für Erdwurzeln beobachtete ¹⁾ vor uns.

UEBER WACHSTHUM DER HAFT- UND NÄHRWURZELN.

Aus dem oben Mitgetheilten geht hervor, dass die Wurzelkletterer und Epiphyten sich mit Hilfe ihrer Wurzelhaare an die Stütze festheften. Wenn die Haftwurzeln kurz bleiben, wie das z. B. bei den Bignoniaceen der Fall ist, so ist dies die einzige Befestigung der Pflanze; andere Gewächse aber, besonders viele Aroideen und Ficusarten besitzen Haftwurzeln, welche ein starkes Längenwachsthum zeigen und zuletzt spiralg um die Stütze gewunden sind. Ich vermuthete, dass die Verbindung durch eine nachträgliche Verkürzung der Haftwurzeln vielleicht noch fester werden würde. Um darüber zur Klarheit zu kommen, wurden auf den Wurzeln 2 Marken mit chinesischer Tusche angebracht, der Abstand gemessen und diese Messung ein paar Monate lang alle paar Tage wiederholt bei den folgenden Pflanzen: *Philodendron melanochrysum*, *Pothos spec.* (Tsm. Borneo), *Philodendron lacerum* und eine nicht näher bestimmte Aroidee; in keinem Falle konnte eine Verkürzung constatirt werden. In der Natur wird auch wohl derselbe Effect wie bei der Verkürzung erreicht werden, wenn eine Kletterpflanze oder ein Epi-

1) H. de Vries, Ueber die Kontraktion der Wurzeln. Landw. Jahrb., Berlin, 1880, p. 37.

phyt mit den tauähnlichen Haftwurzeln einen dikotylen Stamm als Stütze ergriffen hat; das Dickenwachsthum des Stammes wird die Verbindung mit den Haftwurzeln nur desto inniger machen.

Im Zusammenhang mit dieser Frage wurde auch in einigen Fällen die Zuwachsbewegung gemessen; wie wohl zu erwarten war, verhalten sich die Luftwurzeln ganz so wie Sachs das in seinen klassischen Versuchen ¹⁾ für die Wurzeln der Landpflanzen beschrieben und wie er es übrigens in ein paar Versuchen für *Monstera deliciosa* und *Philodendron Selloum* selbst nachgewiesen hat ²⁾. Sachs fand, dass bei diesen Luftwurzeln die Länge der wachsenden Region ungeheuer gross ist und dass die Stelle des Maximalzuwachses sehr weit von der Wurzelspitze entfernt liegt. Den Gesamttzuwachs fand er nicht grösser als bei den Erdwurzeln, was wohl damit zusammenhängt, dass er bei niedrigen Temperaturen arbeitete und die Pflanzen selbst ein kümmerliches Gewächshausleben führten. Erst Schimper ³⁾ machte auf den Unterschied zwischen Nähr- und Haftwurzeln aufmerksam; Sachs kannte denselben also nicht, überhaupt ist er in europäischen Gewächshäusern meist nicht sichtbar.

Bei einigen von mir angestellten Versuchen zeigte sich, dass die Haftwurzeln sehr langsam wachsen, eine kleine wachsende Region haben und dass auch die Stelle des Maximalzuwachses sehr nahe bei der Spitze liegt, während Nährwurzeln sehr schnell wachsen, eine ausserordentlich grosse wachsende Region besitzen und hier auch die Stelle des Maximalzuwachses ziemlich weit von der Spitze entfernt liegt. Ein paar Versuche können als Belege dienen:

1. *Philodendron melanochrysum*. Nährwurzel.

Die Wurzel wurde von der Spitze an getheilt in 4 Zonen von 1 Mm., darauf in 2 von 3 Mm. und in weitere von 5 Mm. Das geschah mit chinesischer Tusche, was wegen der Feuchtigkeit

1) Sachs, Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arb. d. bot. Inst. zu Würzburg, Bd. I, Heft 3. 4, 1873. 74, p. 385. 584.

2) Sachs, l. c., p. 593—596.

3) A. F. W. Schimper, Die epiphytische Vegetation Amerikas. Bot. Mitth. a. d. Tropen, Heft 2, Jena, 1888.

nicht sehr leicht war. Die geringen Unregelmässigkeiten, welche man beobachtet, müssen auch wohl diesem Umstand zugeschrieben werden. Ueberhaupt sind diese Versuche gemacht worden, um die etwaige nachherige Verkürzung der Wurzel (siehe oben) zu messen, wobei ich mit der Stelle, wo das Wachsthum aufhörte, bekannt sein musste. Erst nachher habe ich daraus die hier folgenden Ziffern berechnet; hieraus erklären sich einige Eigenthümlichkeiten, z. B. die, dass nicht alle Querzonen zu Anfang gleich lang genommen wurden und die, dass die Beobachtungen in viel zu langen Zwischenräumen gemacht wurden. Es werden sich aber doch wohl einige Schlüsse daraus ziehen lassen.

Anfangslänge der Querzonen von der Spitze an in Mm.:

1. 1. 1. 1. 3. 3. 5. 5. 5. 5. 5; nach 2×24 Stunden:

1,5. 2. 2. 1. 11. 26. 9. 12,5. 5. 5. 5. 5; nach folgenden 3×24 Stunden:

2. 3. 9. 13. 47. 31. 9. 12,5. 5. 5. 5. 5; nach weiteren 24 Stunden:

8. 19. 20. 47. 31. 9. 12,5. 5. 5. 5. 5. Hier war die untere Marke un-
deutlich geworden. Der Zuwachs der einzelnen Zonen betrug also, wenn man sie von der Spitze an numerirt, in Mm.:

| | In 2×24 Stunden. | In 3×24 Stunden. | In 24 Stunden. |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| I. | 0,5 | 0,5 | } 3,— |
| II. | 1,— | 1,— | |
| III. | 1,— | 7,— | 10,— |
| IV. | 0,— | 12,— | 7,— |
| V. | 8,— | 36,— | 0,— |
| VI. | 22,— | 5,— | 0,— |
| VII. | 4,— | 0,— | 0,— |
| VIII. | 7,5 | 0,— | 0,— |
| IX. | 0,— | 0,— | 0,— |
| Gesammtzuwachs. | 44,0 | 61,5 | 20,— |
| Gesammtzuwachs
pro 24 Stunden. | 22,— | 20,5 | 20,— |

Wenn man annimmt, dass die Stelle des Maximalzuwachses in der Mitte der entsprechenden Region liegt, so ergibt sich

für den Abstand von der Spitze aus der ersten Beobachtung 8,5 Mm. Natürlich war die Beobachtungszeit zu lang genommen, um diese Ziffer als vollkommen richtig zu betrachten. Bei dem ersten Versuch ist auch die Gesamtlänge der wachsenden Region noch zu bestimmen, und beträgt sie dort etwa 20 Mm.; beim zweiten Versuch ist das nicht möglich, da die 26 Mm. lange Querzone jedenfalls nur an ihrem unteren Ende weiterwuchs; im dritten Falle wird diese Länge höchstens 27 Mm. gewesen sein.

Bei einer anderen Nährwurzel von *Philodendron melanochrysum* war die Länge der wachsenden Region in den ersten 3×24 Stunden 40 Mm., in den folgenden 38 Mm. Der Gesamtzuwachs in 3×24 Stunden betrug 64 Mm., also in 24 Stunden 21,3 Mm., und der Abstand der Stelle des Maximalzuwachses von der Spitze 8,5 Mm.

2. *Philodendron melanochrysum*. Haftwurzel.

Wurzel geteilt in Querzonen von 1 Mm.; Länge der einzelnen Regionen von der Spitze ab:

nach 3×24 Stunden: 1. 2,5. 3. 4. 5. 5. 7. 2. 1,5. 2. 1,2. 1. 1;
 „ 2×24 „ : 4. 5. 9. 7. 6,5. 5. 8. 2. 1,5. 2. 1,2. 1. 1;
 „ 2×24 „ : 5. 22. 11. 9. 6,5. 5. 8. 2. 1,5. 2. 1,2. 1. 1.

Also betrug der Zuwachs der einzelnen Zonen (von der Spitze an numeriert) in Mm.:

| | In 3×24 Stunden. | In 2×24 Stunden. | In 2×24 Stunden. |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| I. | 0,— | 3,— | 1,— |
| II. | 1,5 | 2,5 | 17,— |
| III. | 2,— | 6,— | 2,— |
| IV. | 3,— | 3,— | 2,— |
| V. | 4,— | 1,5 | 0,— |
| VI. | 4,— | 0,— | 0,— |
| VII. | 6,— | 1,— | 0,— |
| VIII. | 1,— | 0,— | 0,— |
| IX. | 0,5 | 0,— | 0,— |
| X. | 1,— | 0,— | 0,— |
| XI. | 0,2 | 0,— | 0,— |
| XII. | 0,— | 0,— | 0,— |
| Gesamtzuwachs. | 23,2 | 17,— | 22,— |
| Gesamtzuwachs
pro 24 Stunden. | 7,7 | 8,5 | 11,— |

Beim ersten Versuch betrug die Gesamtlänge der wachsenden Zone 11 Mm., der Abstand von der Spitze bis zur Stelle des Maximalzuwachses 6,5 Mm.

3. *Philodendron lacerum*. Haftwurzel.

Die Wurzel wurde in Querzonen von 1 Mm. geteilt, deren Länge von der Spitze ab in Mm.:

nach 3×24 Stunden: 1,5. 2. 4. 9. 2,7. 1,2. 1. 1;
 nach weiteren 3×24 „ : 6. 10. 5. 9. 2,7. 1,2. 1. 1;
 „ „ 24 „ : 8. 11. 5. 9. 2,7. 1,2. 1. 1.

Also betrug der Zuwachs der einzelnen Zonen (von der Spitze an numeriert) in Mm.:

| | In 3×24 Stunden. | In 3×24 Stunden. | In 24 Stunden. |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| I. | 0,5 | 4,5 | 2,— |
| II. | 1,— | 8,— | 1,— |
| III. | 3,— | 1,— | 0,— |
| IV. | 8,— | 0,— | 0,— |
| V. | 1,7 | 0,— | 0,— |
| VI. | 0,2 | 0,— | 0,— |
| VII. | 0,— | 0,— | 0,— |
| Gesamttzuwachs. | 14,4 | 13,5 | 3,— |
| Gesamttzuwachs
pro 24 Stunden. | 4,8 | 4,5 | 3,— |

Beim ersten Versuch betrug die Gesamtlänge der wachsenden Zone etwa 6 Mm., die Entfernung der Spitze von der Stelle des Maximalzuwachses 3,5 Mm. Später, 7 Tage nachher, wurde die Wurzel wieder gemessen und jetzt betrug die Länge von I. 37 Mm., von II. 11 Mm., sodass der Gesamttzuwachs 29 Mm. oder pro 24 Stunden 4,1 Mm. betrug.

4. *Pothos spec. Tsm. Borneo*. Haftwurzel.

Die dicke Wurzel wurde in Querzonen von 2 Mm. geteilt, welche, von der Spitze an gerechnet, eine Länge in Mm. hatten nach 2×24 Stunden: 5. 4. 2. 2. 2; nach weiteren 2×24 Stunden: 10. 4. 2. 2. 2. Der Gesamttzuwachs war also in beiden Fäl-

len 5 Mm., und pro 24 Stunden 2,5 Mm., die Länge der wachsenden Region beim ersten Versuch 2 Mm., beim zweiten höchstens 3 Mm., der Abstand der Spitze von der Stelle des Maximalzuwachses beim ersten Versuch etwa 1 Mm.

Aus diesen Versuchen geht also wohl hervor, dass der Gesamttzuwachs bei Haftwurzeln sehr gering ist, bei Nährwurzeln dagegen sehr gross, dass weiter die Länge der wachsenden Region bei Haftwurzeln kurz ist, bei Nährwurzeln viel länger, und endlich, dass auch die Stelle des Maximalzuwachses bei Nährwurzeln weiter von der Spitze entfernt zu liegen scheint als bei Haftwurzeln.

Es wäre nun zu ermitteln, woher es kommt, dass die Haftwurzeln dem Substrat zuwachsen und, wenn sie dasselbe erreicht, an demselben entlang weiterwachsen. Theilweise ist diese Richtung, welche die Luftwurzeln annehmen, abhängig von der Richtung, in welcher der Stengel der Kletterpflanze wächst, aber das bleibt hier jetzt ganz ausser Betracht.

Es fragt sich also, welchen Einfluss das Licht, die Schwerkraft, einseitig zugeführte Feuchtigkeit und andere Umstände auf das Wachstum der Luftwurzeln ausüben. Sehen wir zunächst, was davon bisher bekannt ist.

Dutrochet ¹⁾ war der Erste, welcher den negativen Heliotropismus bei Luftwurzeln constatirte, und zwar bei *Pothos digitata*; Hofmeister ²⁾ fand dieselbe Erscheinung bei *Cordyline vivipara* (*Hartwegia comosa*) und später ³⁾ für *Stanhopea insignis* und *Cattleya crispa*; H. Müller (Thurgau) ⁴⁾ bei einigen andern Luftwurzeln, z. B. bei *Chlorophytum* und *Monstera Lennea*. Eingehend wurde die Sache aber untersucht von Wiesner, welcher die Resultate zunächst in einer vorläufigen Mittheilung ⁵⁾

1) Dutrochet, *Nouv. observations sur la direction des tiges et des racines*. Ann. d. Sc. nat., T. XXIX, 1833, p. 413.

2) Hofmeister, *Berichte der Kön. Sächs. Ges. d. Wiss.*, 1860, p. 209.

3) Hofmeister, *Pflanzenzelle*, p. 292.

4) H. Müller (Thurgau), *Ueber Heliotropismus*. Flora, N. R., 34. Jahrg., 1876, p. 70.

5) J. Wiesner, *Unters. über den Heliotropismus*. Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. LXXXI, Abth. 1, Jan. 1880, p. 12 u. 20.

publicirte und sie nachher in seiner bekannten grossen Arbeit niederlegte¹⁾. Wiesner untersuchte Luftwurzeln von 61 verschiedenen Pflanzen, konnte in keinem Falle positiven Heliotropismus constatiren, nur in 4 Fällen keinen, und bei den übrigen Luftwurzeln einen mehr oder weniger stark ausgesprochenen negativen Heliotropismus. Sehr stark fand er ihn bei 21 verschiedenen Arten von Orchideen, bei *Hartwegia comosa*, *Philodendron giganteum*, *Anthurium cartilagineum* und *crassinervium*, *Pothos argyrea* und *Selaginella densa*; deutlich sichtbar war der negative Heliotropismus bei *Cissus discolor*, *Bignonia violacea* und *argyracea*, bei 4 Orchideen, 3 Bromeliaceen, 2 Selaginellen und unter den Aroideen bei *Philodendron subovatum*, *Sellowianum*, *eximium*, *cuspidatum*, *Karstenianum*, *Ghiesbrectii* (= *sagittaeifolium*), *Hügelii*, *Warszewicii*, *Monstera deliciosa* und *surinamensis*, *Anthurium Olfersianum*. Nur schwachen negativen Heliotropismus beobachtete er bei *Cissus sicyoides*, *Commelina Zanonii* und 4 Orchideen. Diese Beobachtungen führen Wiesner zu der sehr richtigen Bemerkung: „Die fast allgemeine Tendenz der Bodenwurzeln zu negativem Heliotropismus und die bei Luftwurzeln fast allgemein anzutreffende, deutlich ausgeprägte negative Lichtbeugung zeigen auf das klarste, dass der Heliotropismus, so sicher er auf bestimmten, in der Zelle stattfindenden Processen beruht, biologisch als eine Anpassungserscheinung aufgefasst werden müsse“.

Endlich finden wir bei Schimper²⁾ ein paar Bemerkungen, welche aber nur nach der äusserlichen Beobachtung der betreffenden Pflanzen gemacht worden sind, ohne dass er die Richtigkeit seiner Behauptung durch Versuche hat feststellen können, nämlich der, dass die Haftwurzeln bei vielen Epiphyten ausgesprochen negativ heliotropisch seien, die Nährwurzeln bei einigen Arten ebenfalls, bei anderen nicht heliotropisch.

Bekanntlich unterscheidet Schimper in seiner Arbeit zwischen Haftwurzeln, welche einen Epiphyten an die Stütze festheften,

1) J. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. XLIII, 1880, p. 76.

2) Schimper, l. c., p. 53 u. 54.

und Nährwurzeln, welche senkrecht zur Erde wachsen, sich darin festwurzeln und dann die anorganische Nahrung dem Epiphyten zuführen. In allen früheren Arbeiten war dieser Unterschied denn auch nicht beachtet worden, was wohl Niemand wundern wird, der nur einmal gesehen hat, wie schwer er in europäischen Gewächshäusern zu beobachten ist. Besonders schade ist das wohl bei der Arbeit Wiesner's, denn wenn auch viele seiner Versuchspflanzen nur Haftwurzeln besitzen, so sind doch andere, besonders Aroideen, darunter, die auch Nährwurzeln haben, wobei es also nicht mehr möglich ist, zu sagen, welche dieser beiden Wurzelarten Wiesner zu seinen Versuchen benutzt hat.

Bei den Untersuchungen über Geotropismus hatte man natürlich denselben Uebelstand; aber ihre Anzahl ist nicht sehr gross. Erstens finden wir eine Bemerkung bei Dutrochet, welche folgendermaassen lautet ¹⁾: „Les racines prennent quelquefois une direction ascendante comme des tiges.... Ce phénomène se remarque spécialement chez les plantes du genre *Pothos*. Chez les plantes de ce genre on voit des racines assez volumineuses, qui, nées dans l'air et à peu de distance au-dessus du sol, se dirigent très-souvent verticalement vers le ciel..... J'ai surtout observé ce phénomène chez les *Pothos maxima*, *crassinervia* et *digitata*“. Gelegentlich seiner Untersuchungen über Heliotropismus hat Wiesner ²⁾ auch einige Beobachtungen über Geotropismus gemacht, wobei er negativen Geotropismus constatirte bei den Luftwurzeln folgender Pflanzen: *Gongora galeata*, *Dendrobium Gibsonii* und *nobile*, *Dendrocolla Cotes*, *Stanhopea oculata* und *ecornuta*, *Philodendron eximium*, *Karstenianum* und *Hügelii* und *Monstera spec.* Darwin sagt Folgendes über die Haftwurzeln des *Epheus* ³⁾: „So are many aerial roots (guided in their downward course by geotropism), whilst others, as those of the Ivy, appear to be indifferent to

1) Dutrochet, l. c., p. 430.

2) Wiesner, l. c., p. 76—79.

3) Ch. Darwin, *The power of movement in plants*, London, 1880, p. 512.

its action". Schimper ¹⁾ gibt zwar an, dass er aus Mangel an Apparaten in den Tropen und aus Mangel an Material in Europa keine directen Versuche habe anstellen können, dass es aber keinem Zweifel unterliege, dass die nach oben wachsenden Nährwurzeln vieler Epiphyten negativ geotropisch seien, während die dem Boden zuwachsenden ausgesprochen positiven Geotropismus zeigen, und die Haftwurzeln dagegen nicht merkbar von der Schwerkraft beeinflusst werden.

Ueber Hydrotropismus der Luftwurzeln fand ich nur die Angabe von Lierau ²⁾, dass diejenigen der Aroideen einen stark ausgesprochenen positiven Hydrotropismus haben, und eine ähnliche Bemerkung über diejenigen der Orchideen in der vorhin erwähnten Arbeit Goebel's ³⁾.

Ich habe den hier genannten Fragen nicht viel Zeit widmen können, und überhaupt würden diese Untersuchungen sich in Buitenzorg nicht so leicht machen lassen. Wenn auch die gewöhnlichen Apparate aus Europa zu beschaffen sind, so handelt es sich hier um Versuche, welche in der freien Natur anzustellen sind, z. B. an den riesigen Aroideen der Canarienalleye, und dazu wird man ganz bestimmte Apparate construiren lassen müssen. Ich werde hier also nur dasjenige mittheilen, was sich an Ort und Stelle beobachten liess, ohne dass ich Experimente angestellt habe. Oft ist aber die Sache, wie ja auch Schimper betont hat, bei einer einfachen Betrachtung so klar, dass man sich in der Deutung kaum irren kann. Dass die Haftwurzeln, welche kurz bleiben, nicht geotropisch sind, zeigt sich ganz klar, da sie immer senkrecht auf den Stengel gerichtet sind, aus welchem sie hervorkommen, welche Lage dieser Stengel auch immer haben mag. Mit längeren Haftwurzeln und mit Nährwurzeln habe ich ein paar Versuche gemacht, welche ich hier kurz mittheilen will.

Erstens wurden junge Pflanzen von 4 Aroideen in Töpfen

1) Schimper, l. c., p. 52. 62.

2) Max Lierau, Ueber die Wurzeln der Araceen. Engler's Bot. Jahrb. f. Systematik, 9ter Bd., 1888, p. 14.

3) Goebel, l. c., p. 160.

gezogen und in einen Dunkelschrank gestellt, wo sie im etiolirten Zustande weiterwuchsen. *Pothos aurea* bildete dabei nur Nährwurzeln und diese waren ausgesprochen positiv geotropisch. Sehr wenig geotropisch waren dagegen die Nährwurzeln einer nicht näher bestimmten Aroidee. *Philodendron melanochrysum* bildete im Dunkelschrank nur Haftwurzeln und diese waren nicht geotropisch; sie wuchsen einfach senkrecht aus dem Stengel hervor, welche Lage dieser auch haben mochte, und nur wenn sie zu lang wurden, senkten sie sich in Folge ihres eigenen Gewichtes; dieselbe Erscheinung wurde bei einer andern, nicht näher bestimmten Aroidee beobachtet.

Ein Riesenexemplar der *Pothos aurea* ¹⁾ wuchs an einem Canarienbaum empor; diese Pflanze hat eigenthümliche, lange, unbelüftete Zweige, welche frei in der Luft hängen, sehr rasch wachsen und dabei allmählich den Boden erreichen; hier kriechen sie weiter, bis eine Stütze erreicht ist, woran sie dann wieder emporklettern, indem sie zu gleicher Zeit wieder normale Blätter bilden. Sie sind also als ein Mittel zur Fortpflanzung dieser Pflanze zu betrachten. Ein solcher Zweig wurde in ein schwarzes Tuch, das kein Licht durchkommen liess, gebunden, und nun hatten sich alle Wurzeln nach einiger Zeit positiv geotropisch zur Erde gekrümmt. Mit derselben Art wurden noch einige andere Versuche gemacht, indem nämlich Zweige nach verschiedenen Richtungen gebogen und festgebunden wurden und jetzt beobachtet ward, in welcher Richtung die Wurzeln wachsen würden. Aus den vorigen Versuchen war bekannt, dass diese Wurzeln positiv geotropisch waren; es stellte sich jetzt heraus, dass dieselben etwas dem Lichte entflohen, also negativ heliotropisch waren, wenn auch der Geotropismus stark überwog und die Wurzeln immer wieder zur Erde hin wachsen liess.

Wenn aber die Wurzeln einmal die Stütze erreicht haben, dann fragt es sich wohl, warum sie, dieser angeschmiegt, weiterwachsen. Theilweise wird hierbei wohl negativer Heliotropismus

1) Der Name ist wahrscheinlich unrichtig; die Pflanze wurde unter diesem Namen aus europäischen botanischen Gärten nach Buitenzorg importirt.

und vielleicht auch positiver Hydrotropismus im Spiel sein, aber das erklärt noch nicht, warum die langen, tauartigen Haftwurzeln ihre Stütze spiralig umwachsen, und, weil diese Stütze meist der Stamm eines Baumes ist, horizontal sich um diesen Stamm legen; das geschieht in der Richtung der grössten Krümmung des Stammes. Wir haben hier eine Reizerscheinung; lässt man eine solche Wurzel an einem dünnen Gegenstand entlang wachsen, so schlingt sie sich auch hier herum, oft in mehreren Windungen. Der Versuch lässt sich leicht ausführen, etwa mit einem Bleistifte, braucht aber eigentlich kaum mehr gemacht zu werden, da man derselben Erscheinung oft in der Natur begegnet, wo sich die Haftwurzeln um den Stengel der eigenen Pflanze oder um Nährwurzeln gewunden haben. Diese Reactionsfähigkeit auf Contactreiz ist nicht bei allen Haftwurzeln ganz gleich; einige zeigen die Erscheinung in hervorragendem Maasse, besonders verschiedene kurze Haftwurzeln bei *Vanilla*, den *Melastomaceen* u. s. w. Ich werde für diese Wurzeln den Mohl'schen Namen „Wurzelranken“ benutzen.

Mohl hat nämlich die Sache schon beobachtet bei 2 Pflanzen, *Lycopodium rupestre* und *Vanilla aromatica*; er sagt ¹⁾: „Diese Wurzeln erreichen oft die Länge von einem Fusse und darüber, hängen gerade gegen die Erde herab, wenn der Zweig, aus dem sie entspringen, frei in die Luft hinaushängt, dringen, wenn er um einen Baumstamm geschlungen ist, in die Ritzen desselben ein, und winden sich, wenn sie mit einer dünnen Stütze in Berührung kommen, als Ranke um dieselbe“.

Ausführlichere Beobachtungen darüber finden wir bei Treub ²⁾, welcher die Sache näher beschreibt für *Vanilla aromatica* und verschiedene *Melastomaceen*.

Sachs ³⁾ hat darauf hingewiesen, dass die Haftwurzeln in dieser Hinsicht keine Ausnahme bilden, da auch die gewöhn-

1) H. Mohl, Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen, Tübingen, 1827, p. 48.

2) Treub, Ann. d. Jard. bot. de Buitenzorg, Vol. III, 1883, p. 177. 178.

3) Sachs, Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arb. d. bot. Inst. zu Würzburg, Bd. I, Heft 3, 1873, p. 438.

lichen Erdwurzeln auf einen seitlichen Druck auf die wachsende Region reagiren, wobei sie sich um den berührenden Gegenstand herumkrümmen, wenn auch nur in seltenen Fällen eine ganze Schlinge gebildet wird; diese Krümmung wird ähnlich wie bei den Ranken durch Verlangsamung des Längenwachstums auf der gedrückten Seite der Wurzel veranlasst. Sachs sagt darauf wörtlich: „Ich habe schon in meiner vorläufigen Mittheilung darauf hingewiesen, dass die Anschmiegung der Luftwurzeln der Orchideen und Aroideen wahrscheinlich auf einer ähnlichen Wirkung einseitigen Druckes beruht, den die wachsenden Wurzeln auf Mauern u. dergl. ausüben; dass dieser Druck nur gering zu sein braucht, sah ich daran, dass Luftwurzeln von verschiedenen Philodendren sich ebenso an freistehende Blattspreiten von anderen anschmiegten, ohne diese merklich aus ihrer Lage zu verschieben“.

Ich will jetzt die verschiedenen, von mir beobachteten Luftwurzeln, was ihr Auftreten und ihre Eigenschaften betrifft, näher beschreiben. Dabei bemerke ich hier nochmals, dass, wenn ich hier von geotropisch, heliotropisch u. s. w. reden werde, das nur in der Natur angestellte Beobachtungen betrifft, die — mit Ausnahme der obengenannten Pflanzen — nicht durch Versuche bestätigt werden konnten. Ich werde die Luftwurzeln bei den verschiedenen Gewächsen familienweise beschreiben; dann wird sich bald zeigen, dass meist in derselben Familie die Pflanzen auf sehr verschiedener Stufe der Anpassung stehen geblieben sind, sodass man oft eine Reihe bilden kann, von welcher der Anfang durch diejenigen Pflanzen, welche nur sehr schlecht entwickelte Luftwurzeln besitzen, gebildet wird, und der Schluss durch die am vollkommensten adaptirten Wurzelkletterer und Epiphyten. Auch für die Phylogenie der Epiphyten werden sich hieraus einige Schlüsse ziehen lassen.

AROIDEAE.

Philodendron melanochrysum.

Diese Pflanze kriecht mit ihrem Stengel an Stützen empor,

wobei sie sich mit Haftwurzeln befestigt; diese entstehen in Gruppen von 2—8, welche in longitudinalen Reihen liegen, genau unterhalb jedes Knotens. Diese Wurzeln sind nicht geotropisch und negativ heliotropisch, bleiben bei jungen Pflanzen kurz und dünn, werden aber bei kräftigen Pflanzen viel dicker und länger, wobei sie dicke Baumstämme als horizontale Taue umwinden; sie sind gegen Contactreize sehr empfindlich, was sich zeigt, wenn sie dünne Stützen einige Male umwinden, wachsen dabei aber ziemlich langsam.

Bei dicken Pflanzen findet man ausserdem Nährwurzeln (Fig. 7), welche zu 1 oder 2 unmittelbar unterhalb des Knotens entstehen, aber nicht, wie die Haftwurzeln, an der Hinterseite des Stengels ¹⁾, sondern immer an der Vorderseite, jedoch etwas seitwärts zu beiden Seiten der Medianlinie. Sie wachsen viel rascher als die Haftwurzeln und erreichen bald den Boden. Oft haben diese Nährwurzeln wieder Seitenwurzeln, womit sie sich fester an die Stütze festheften, da sie gewöhnlich an dieser Stütze entlang zum Boden wachsen. Diese Seitenwurzeln sind nicht geotropisch und dabei ausserordentlich stark reizbare Wurzelranken.

Bei älteren Exemplaren von *Philodendron* hat der Stengel, indem er länger wird, in seinen oberen Theilen mehr Gelegenheit, durch die Nährwurzeln Nahrung aus dem Boden zu sich zu nehmen, und darum wird er auch allmählich dicker, je mehr er sich vom Boden entfernt.

Die Nährwurzeln sind dicker als die Haftwurzeln, und dabei zeigen sich ähnliche anatomische Unterschiede, wie Schimper ²⁾ sie für *Carludovica Plumieri*, *Anthurium*- und andere *Philodendron*-arten, sowie auch für *Clusia rosea* beschrieben hat. Die Nährwurzeln haben nämlich einen Durchmesser von 5 Mm., die Haftwurzeln von nur 1 Mm.; dabei ist der Durchmesser des Centralcyllinders bei ersteren die Hälfte, bei letzteren nur ein Drittel des ganzen Durchmessers. Der Centralcyllinder besteht

1) Ich nenne »Hinterseite« diejenige Seite eines Stengels oder einer Wurzel, welche der Stütze zugekehrt ist, und natürlich die gegenüberliegende Seite »Vorderseite«.

2) Schimper, l. c., p. 51—60.

bei den Nährwurzeln aus sehr weitleumigen Gefässen, sowohl im Holz- als auch im Siebtheil, und dazwischen befinden sich sehr wenige sklerotische Elemente; es sind ungefähr 25—30 Xylemstrahlen, bei den Haftwurzeln dagegen nur 7—10, und es ist dort die ganze Ausbildung des Xylems sehr gering; man findet nur wenige, sehr englumige Gefässe, während der grösste Theil des Centralcyinders aus stark verholzten Zellen besteht. In der Rinde sieht man nicht so grossen Unterschied; nur führt dieselbe bei den Nährwurzeln zahllose Harz- oder Schleimgänge mit, welche bei den Haftwurzeln fast ganz fehlen. Bei letzteren liegen die Zellen der Rinde, welche an die Endodermis grenzen, also die innere Rindenschicht van Tieghem's, sehr regelmässig radial geordnet, sind daher im Querschnitt etwas eckig; die äusseren Zellen sind mehr abgerundet, mit grösseren Intercellularräumen, und mehr unregelmässig angeordnet. Bei den Nährwurzeln sieht man an die Endodermis 5—6 Reihen dicht aneinandergeschlossener, tangential stark abgeplatteter Zellen grenzen, während die weiteren Rindenzellen ziemlich unregelmässig liegen. Beide Wurzeln sind von einer Korksicht umgeben.

Philodendron lacerum.

An jedem Knoten, etwas unterhalb desselben, findet man einen Wirtel von senkrecht auf dem Stengel stehenden Adventivwurzeln, welche nur an der Vorderseite des Stengels fehlen; diese sind nicht geotropisch und negativ heliotropisch, umwachsen ganz langsam in horizontaler Richtung als Taue eine Stütze; ausserdem findet man an vielen Knoten eine einzige positiv geotropische Nährwurzel, welche an der Vorderseite des Stengels oder etwas seitwärts entsteht und an der Stütze entlang zum Boden kriecht. Diese Pflanze klettert nicht so gut wie die vorher genannte Art. Die Dicke der Haftwurzeln beträgt 2 Mm., die der Nährwurzeln 4—5 Mm.; der Durchmesser des Centralcyinders bei ersteren $\frac{1}{5}$, bei letzteren die Hälfte des ganzen Durchmessers. Der Unterschied zwischen den Centralcyindern ist zwar noch sehr deutlich ausgesprochen, aber doch nicht so gross wie bei *Philodendron melanochrysum*. Bei

den Nährwurzeln (Fig. 8a) haben die 2 inneren Reihen Rindenzellen stark verholzte, netzförmig verdickte Zellwände, welche bei den Haftwurzeln (Fig. 8b) fehlen. Letztere haben dabei ein ziemlich geschlossenes Rindenparenchym mit kleinen Interzellularräumen, während man bei den Nährwurzeln an einigen Stellen in der Rinde (nicht in der Figur sichtbar) riesige Gänge findet, welche einigermaassen radial gestellt sind.

Philodendron Imbe.

An jedem Knoten findet man einige negativ heliotropische Haftwurzeln, welche vielleicht negativ geotropisch sind und als dicke Taue die Stütze umwachsen. Ausserdem kommen dort auch einige positiv geotropische Nährwurzeln zum Vorschein, welche aber nicht oder nur kaum dicker sind als die Haftwurzeln — etwa 4 Mm. Dagegen hat der Centralcylinder bei letzteren im Durchmesser ungefähr $\frac{1}{3}$, bei ersteren $\frac{1}{2}$ der ganzen Dicke. Der Unterschied zwischen beiden ist übrigens ziemlich gering, da auch der Centralcylinder der Haftwurzeln ziemlich viele und weite Gefässe enthält, aber doch jedenfalls mehr Sklerenchym als derjenige der Nährwurzeln. Die Rindenparenchymzellen sind bei den Haftwurzeln mehr in radialen Reihen angeordnet, während bei den Nährwurzeln die an die Endodermis grenzenden 2 oder 3 Reihen Rindenzellen einigermaassen sklerotisch verdickt sind, jedoch nur an den mit den Phloembündeln correspondirenden Stellen.

Syngonium album.

Diese Pflanze (Fig. 9) hat an jedem Internodium gerade unterhalb des Knotens einige Haftwurzeln, welche an der Hinterseite des Stengels entstehen und sich der Stütze fest anschmiegen, aber keine grosse Länge erreichen; diejenigen, welche dem Knoten am nächsten liegen, sind länger als die anderen. Sie sind nicht geotropisch, und wenn sie mit einer dünnen Stütze in Berührung kommen, dann zeigt sich, dass sie ausserordentlich stark reizbar sind. Seitwärts vom Stengel, mehr an der Vorderseite, entstehen an einigen Knoten sehr stark abgeplattete, bandförmige Nährwurzeln. Bei ihrem Hervortreten aus dem Stengel bilden sie mit diesem überall denselben Winkel, un-

gefähr 45° , wachsen dann schräg abwärts an der Stütze entlang, wobei sie sich noch etwas geotropisch krümmen, obschon nicht alle in demselben Maasse, sodass es vorkommen kann, dass zwei Nährwurzeln zuletzt neben einander zu liegen kommen. Diese eigenthümliche Erscheinung, welche diesen Pflanzen ein so merkwürdig regelmässiges Aeussere gibt und wohl bei allen Nährwurzeln in mehr oder weniger entwickelter Form vorkommt, stimmt überein mit dem von Sachs zuerst beobachteten Eigenwinkel der Nebenwurzeln erster Ordnung ¹⁾, einem Winkel, der für ein bestimmtes Individuum constant und unabhängig von der Schwerkraft ist.

Die Nebenwurzeln der Nährwurzeln sind nicht oder nur kaum geotropisch, aber sehr stark empfindlich für Contactreiz, was sich in der Natur besonders leicht zeigt, wo zwei Nährwurzeln neben einander dem Boden zuwachsen, da diese dann durch ihre Nebenwurzeln gewöhnlich fest mit einander verbunden sind.

Bei *Syngonium album* sieht man auch sehr deutlich, dass der Stengel allmählich dicker wird, je mehr er sich vom Boden entfernt und je mehr Nährwurzeln ihm also Nahrung zuführen. Dabei kann der untere Theil des Stengels gänzlich absterben, sodass man bisweilen, ohne die Entwicklungsgeschichte zu kennen, den Eindruck bekommt, dass diese Pflanze epiphytisch lebt und kein Wurzelkletterer ist; derartige Gewächse werde ich *Pseudo-Epiphyten* nennen.

In Betreff des anatomischen Baues ergibt sich, dass die beiden Durchmesser der Nährwurzeln eine Grösse von 4 und 8 Mm. haben, die der Haftwurzeln 1 und 1,8 Mm. Auch der Centralcylinder ist im Querschnitt nicht kreisförmig, da seine beiden Durchmesser bei den Nährwurzeln 2 und 4 Mm., bei den anderen 0,3 und 0,6 Mm. betragen. Bei den erstgenannten (Fig. 10 a) enthält er viele, sehr weite Gefässe, aber doch noch eine ziemliche Menge sklerotischer Zellen; bei den Haftwurzeln (Fig. 10 b) dagegen sind ausser dem Sklerenchym nur einige wenige, sehr enge, kaum zu unterscheidende Gefässe vorhanden.

1) Sachs, l. c., p. 596 ff.

Die Rindenzellen sind hier schön radial angeordnet, im Querschnitt viereckig mit abgerundeten Ecken, sodass ziemlich viele Intercellularräume übrig bleiben. Bei den Nährwurzeln schliessen an die Endodermis eine Anzahl sechseckiger Zellen, welche ziemlich gut an einander anschliessen und wovon die inneren 2 Reihen verholzt und mit netzförmigen Wandstructuren versehen sind. Die äusseren Rindenparenchymzellen liegen mehr unregelmässig und dazwischen laufen verzweigte Milchsaftschläuche hin, welche den Haftwurzeln fehlen. Das Rindenparenchym der Nährwurzeln ist dabei mit Stärke angefüllt, welche in den Haftwurzeln nur in Spuren vorhanden ist.

Syngonium auritum.

Diese Pflanze sieht *Syngonium album* sehr ähnlich, nur sind die Haftwurzeln viel länger, sodass sie die Stütze wie Taue umschlingen, während die Nährwurzeln fast gar nicht abgeplattet sind und keine oder nur sehr wenige Nebenwurzeln besitzen. Die beiden Durchmesser der Nährwurzeln sind 4 und 6 Mm., die ihres Centralcyinders 2 und 3 Mm.; die Dicke der Haftwurzeln beträgt $2\frac{1}{2}$ Mm., die ihres Centralcyinders $\frac{1}{2}$ Mm. Der Unterschied im anatomischen Bau ist ganz ähnlich wie bei der vorigen Art, nur kommen in den Nährwurzeln etwas weniger Sklerenchymelemente vor. Die Rindenparenchymzellen sind hier auch bei den Nährwurzeln in radialen Reihen angeordnet, wenigstens die inneren, während dann grosse Intercellularräume auftreten, welche den Haftwurzeln gänzlich fehlen.

Pothos aurea.

Diese Aroidee wurde schon einige Male genannt, wobei ihre eigenthümlichen, freihängenden Zweige erwähnt wurden (p. 28). Der Hauptstengel dieser Aroidee und die Hauptzweige kriechen an der Stütze entlang empor. Gerade unterhalb jedes Knotens entsteht eine einzige oder zwei Adventivwurzeln an der Vorderseite des Stengels, etwas seitwärts; diese Wurzeln sind ziemlich dick, positiv geotropisch und negativ heliotropisch. Die dicksten kommen unter einem Eigenwinkel von ungefähr 45° aus dem Stengel hervor und wachsen dann an der Stütze entlang als Nährwurzeln zum Boden. Später entstehen am ganzen

Internodium, mehr an der Hinterseite des Stengels, eine grosse Anzahl dünner Adventivwurzeln, welche nicht geotropisch sind und gewöhnlich horizontal wachsen, weil sie einen Winkel von 90° mit dem Stengel bilden; da sie sich an die Stütze festheften, so werden sie zu Haftwurzeln, die zwar sehr kurz bleiben, aber dennoch wegen ihrer Anzahl sehr schwere Pflanzen zu tragen vermögen. Der untere Theil des Stengels stirbt leicht ab, sodass diese Pflanze alsdann einen Pseudo-Epiphyten darstellt. Die Nährwurzeln haben einen Durchmesser von 8 Mm., wovon 3 auf den Centralcylinder kommen; die Haftwurzeln sind etwas abgeplattet, sodass die beiden Durchmesser $1\frac{1}{2}$ und 1 Mm. betragen, und die des Centralcylinders $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$ Mm. Die Nährwurzeln enthalten sehr grosse und weite Gefässe, die Haftwurzeln fast gar keine, während die übrigen Zellen ihres Centralcylinders wenig verholzt sind; das steht wohl im Zusammenhang mit der Kürze dieser Wurzeln. Das Rindenparenchym der Nährwurzeln enthält ein prachtvolles Collenchym, während die 3 oder 4 Zellreihen, welche an die Endodermis grenzen, mit netzförmigen Wandverdickungen versehen sind. Beide Bildungen gehen den Haftwurzeln ab.

Pothos scandens.

Die frei herabhängenden Zweige haben eine Reihe von Adventivwurzeln, welche zuerst in der Nähe des Knotens entstehen, während allmählich mehr Wurzeln sich bilden, wenn das Internodium älter wird. Diese Wurzeln sind nicht geotropisch, negativ heliotropisch, und reagiren auf Contactreiz wie Ranken; bei Stengeln, welche einer Stütze fest anliegen, dienen sie als Haftwurzeln, welche sehr kurz bleiben.

Ausserdem findet man in derselben Art wie bei *Pothos aurea* positiv geotropische Nährwurzeln. Die Haftwurzeln, welche dem Knoten zunächst liegen, sind länger als die übrigen und enthalten einige wenige Gefässe, welche den dünnen Haftwurzeln fast ganz abgehen, während die Nährwurzeln sehr weite Gefässe besitzen. Die Rinde besteht bei den Nährwurzeln aus Parenchymzellen mit einer Anzahl dazwischen gelagerter Sklerenchymfasern, während die innere Zellreihe aus sklerotischen

Zellen mit netzförmigen Wandverdickungen besteht. Bei den dickeren Haftwurzeln findet man in der Rinde eine ähnliche Structur, wenn auch nicht so scharf ausgesprochen; die Rinde der dünneren Haftwurzeln enthält aber nur Parenchymzellen. Erstere stellen also in ihrem anatomischen Bau den Uebergang zwischen den vollkommen ausgebildeten Haftwurzeln und den Nährwurzeln dar.

Pothos spec. Tsm. (von Borneo).

Gerade unterhalb jedes Knotens entstehen hier an der Hinterseite des Stengels 2 oder 4 Adventivwurzeln, welche sich zur Stütze hinwenden und dieselbe langsam in horizontaler Richtung umwachsen. Diese Haftwurzeln sind nicht geotropisch und negativ heliotropisch, dabei ziemlich dick. An einigen Knoten entstehen seitwärts, mehr nach der Vorderseite des Stengels, eine oder zwei sehr dicke Adventivwurzeln, die unter einem bestimmten Eigenwinkel, welcher grösser als 45° ist, aus dem Stengel hervowachsen, sich dann positiv geotropisch abwärts krümmen und so zu Nährwurzeln werden. Anatomisch ist der Unterschied zwischen beiden Wurzelarten nicht sehr gross; nur enthält der Centralcylinder bei den Nährwurzeln mehr Gefässe, und sind dieselben weitleumiger als bei den Haftwurzeln. Beide Wurzelarten sind von einigen Reihen Sklerenchymzellen umgeben, die aber bei den Haftwurzeln an der Bauchseite, welche dem Substrat anliegt, fehlen.

Pothos nitens.

Hier haben wir gewissermaassen einen Uebergang zwischen *Pothos aurea* und *scandens* einerseits, und der zuletzt besprochenen *Pothos*-Art andererseits, indem hier an jedem Knoten eine Wurzel oder ein Paar Wurzeln senkrecht aus dem Stengel hervowächst, sich etwas verlängert und zur Haftwurzel wird, während nachher das ganze Internodium an der Hinterseite mit vielen kurzen Haftwurzeln besetzt erscheint. Die Nährwurzeln kommen in der gewöhnlichen Art und Weise unter einem Eigenwinkel von etwa 45° aus dem Stengel hervor.

Anthurium tripartitum.

Unter jedem Knoten entstehen an der Hinterseite des Sten-

gels 2 oder mehrere Paar Wurzeln, welche senkrecht aus dem Stengel hervor- und nach der Stütze hinwachsen. Sie sind nicht geotropisch und negativ heliotropisch und umschlingen langsam wachsend die Stütze. Wenn diese dünn ist, können sie sich in mehreren Windungen darum legen, da sie sehr reizbar sind. An einigen Knoten sieht man an der Vorderseite des Stengels, aber etwas seitwärts, eine oder zwei dicke Nährwurzeln entstehen, welche positiv geotropisch an der Stütze entlang zum Boden hinwachsen; diese sind etwa 5 Mm. dick, während die Haftwurzeln nur $1\frac{1}{2}$ Mm. in der Dicke messen. Der Durchmesser des Centralcylinders ist bei den Nährwurzeln gerade die Hälfte, bei den Haftwurzeln $\frac{1}{3}$ des ganzen Durchmessers der Wurzel. Der anatomische Unterschied ist derselbe wie bei den soeben beschriebenen Aroideen; die Gefäße sind aber bei den Haftwurzeln, wenn zwar sehr englumig, noch deutlich zu unterscheiden; das Rindenparenchym ist hier in regelmässigen Radialreihen angeordnet, während es bei den Nährwurzeln unregelmässiger angeordnet ist und dort ausserdem um die Endodermis herum eine 2 bis 3 Zellen dicke Scheide von kurzen Sklerenchymelementen liegt.

Anthurium digitatum und *Anthurium pseudopodophyllum* ¹⁾.

Diese beiden Arten haben die Nährwurzeln in derselben Weise entwickelt wie bei der vorhergehenden Art, nur entstehen sie bei *A. pseudopodophyllum* mehr an dem unteren Theile des Stengels. Dagegen finden wir hier anstatt der paar langen Haftwurzeln in der Nähe des Knotens das ganze Internodium mit dünnen Haftwurzeln an die Stütze festgeheftet, also gerade so wie es bei *Pothos aurea* vorkommt. Diese Haftwurzeln sind sehr reizbar. Beide Pflanzen können zu den Pseudo-Epiphyten gerechnet werden, besonders die zuerstgenannte, wo man oft auch sieht, dass die Wurzel, welche dem Knoten am nächsten liegt, länger ist als die übrigen Haftwurzeln (Fig. 13). Die Nährwurzeln der erstgenannten Art sind 6, die der zweiten

1) Nach einer von Herrn Dr. Treub freundlichst vorgenommenen Bestimmung sind dies Arten der Gattung *Monstera*.

7 Mm. dick, die respectiven Haftwurzeln $\frac{3}{4}$ und 1 Mm. Der anatomische Unterschied ist bei beiden Arten sehr gross (für A. ps., Fig. 11 *a* und *b*), da die Nährwurzeln eine grosse Menge sehr weitleumiger Gefässe besitzen, während der Centralcylinder der Haftwurzeln fast nur aus Sklerenchym besteht, sodass Gefässe schwer zu finden sind. Das Rindenparenchym ist bei den Nährwurzeln beider Arten, am stärksten bei A. pseudopodophyllum, collenchymatisch verdickt; bei den Haftwurzeln fehlt diese Bildung sowie auch die innere, an die Endodermis grenzende Schicht von Sklerenchymelementen mit stark verdickten Zellhäuten (am stärksten bei der zuletzt genannten Art); es sind ganz ausgesprochene Steinzellen mit Porenkanälen. Ich möchte hier die Bemerkung einschieben, dass es nicht Wunder nehmen darf, dass diese Schutzscheide bei den Nährwurzeln vieler Aroideen gefunden wird, deren Centralcylinder mit den vielen weitleumigen Gefässen leicht zusammengepresst würde, während sie bei den Haftwurzeln fehlt, wo sie auch ganz überflüssig wäre, da der Centralcylinder fast nur aus sklerotischen Elementen besteht.

Scindapsus polthoides.

Diese Aroidee (Fig. 14) hat einen Hauptstengel, der an der Stütze entlang kriecht und dabei sehr bald seine Blätter verliert, während die frei in die Luft ragenden Seitenzweige beblättert sind. Diese freien Zweige haben sehr kurze Internodien, können sich aber bisweilen an die Stütze anlegen und wachsen dann mit langen Internodien in derselben Art weiter wie der Hauptstengel. Dieser ist mit sehr kurzen Haftwurzeln, welche sich über das ganze Internodium an der Hinterseite bilden, an die Stütze festgeheftet. Ausserdem findet man aber an den meisten Knoten noch eine Wurzel, welche länger als die übrigen ist und dem Zweige gegenüber senkrecht aus dem Stengel hervorwächst. Diese Wurzeln scheinen meist nicht geotropisch zu sein, wachsen aber am unteren Theile des Stengels bisweilen zum Boden und werden dann also zu Nährwurzeln. Die freien Zweige dieser Pflanze tragen nur sehr selten Wurzeln; Wurzelanlagen sind aber vorhanden. Der Centralcylinder der

Haftwurzeln enthält im Centrum etwas parenchymatisches Mark, besteht aber hauptsächlich aus sklerotisch verdickten Zellen und einigen sehr wenigen englumigen Gefässen. Die inneren, an die Endodermis grenzenden Rindenzellen sind sklerenchymatisch verdickt, ebenso diejenigen an der Aussenseite der Wurzel, aber diese nur an der Seite, welche nicht der Stütze angeschmiegt ist.

Scindapsus lingulatus.

Der Hauptstengel bei diesem Gewächs trägt in späteren Stadien keine Blätter und wächst wie bei *Scindapsus pothoides* mit einer Menge kurzer Haftwurzeln an der Stütze entlang. Die freien, beblätterten Zweige tragen bisweilen Adventivwurzeln, welche nicht geotropisch sind, zu ein oder zweien an jedem Knoten. Am Hauptstengel ist die Adventivwurzel (oder die 2 Wurzeln), welche gerade unter dem Knoten liegt, dicker und länger als die übrigen; sie umgibt die Stütze in horizontaler Richtung, scheint also nicht oder sehr wenig geotropisch zu sein. Einige von diesen Wurzeln biegen sich aber später positiv geotropisch und wachsen dem Boden zu; sie werden also zu Nährwurzeln. Zwischen diesen Nährwurzeln und den dicken Haftwurzeln ist kein Unterschied in der anatomischen Structur bemerkbar; sie haben eine Dicke von 4 Mm.; ihr Centralcylinder von 2 Mm., während beide Maasse bei den dünnen Haftwurzeln 0,75 und 0,2 Mm. betragen; hier sind die Gefässe schwer zu finden, da der Centralcylinder fast nur aus sklerotischen Zellen zusammengesetzt ist; das Rindenparenchym ist sehr regelmässig angeordnet und sehr wenig collenchymatisch verdickt, während um die Kernscheide herum einige wenige Sklerenchymzellen sich vorfinden. Die dicken Haft- und Nährwurzeln haben in der Rinde ein prachtvoll ausgebildetes Collenchym, das von innen durch eine aus kurzen Sklerenchymzellen zusammengesetzte Scheide begrenzt wird, welche wieder durch 2 oder 3 Reihen Parenchymzellen von der Kernscheide getrennt ist.

Scindapsus Schottii und *Scindapsus marantaeifolius.*

Diese beiden Arten liessen sich schwer untersuchen wegen der

Eine vorläufige Mittheilung dieser Untersuchungen wurde
in der Holländischen Naturforscherversammlung in Utrecht im
Frühling 1891 vorgetragen und veröffentlicht in: Verhandlungen
van het 3. Nederl. Natuur en Geneeskundig Congres, Utrecht, 1891.

Haftwurzeln enthält im Centrum etwas parenchymatisches Mark, besteht aber hauptsächlich aus sklerotisch verdickten Zellen und einigen sehr wenigen englumigen Gefässen. Die inneren, an die Endodermis grenzenden Rindenzellen sind sklerenchymatisch verdickt, ebenso diejenigen an der Aussenseite der Wurzel, aber diese nur an der Seite, welche nicht der Stängel angeschmiegt ist.

Scindapsus lingulatus.

Der Hauptstengel bei diesem Gewächs trägt in der Höhe keine Blätter und wächst wie bei *Scindapsus* mit einer Menge kurzer Haftwurzeln an der Basis. Die freien, beblätterten Zweige tragen bis zu 10 Haftwurzeln, welche nicht geotropisch sind, zu jedem Knoten. Am Hauptstengel ist die Basis (die 2 Wurzeln), welche gerade unter dem Stengel und länger als die übrigen; sie in horizontaler Richtung, scheint also nicht geotropisch zu sein. Einige von diesen Wurzeln werden später positiv geotropisch und werden also zu Nährwurzeln. Die dicken Haftwurzeln haben eine anatomischen Structur bemerkenswerthe. Die Dicke von 4 Mm.; die Basis bei den dünnen Haftwurzeln ist nicht so; hier sind die Gefässe schwach und bestehen aus sklerotischen Zellen. Das Rindenparenchym ist sehr regelmäßig und nur wenig collenchymatisch verdickt, von der Kernscheide herum einige wenige Sklerenchymzellen. Die dicken Haft- und Nährwurzeln haben in der Basis ein prachtvoll ausgebildetes Collenchym, das von innen durch eine aus kurzen Sklerenchymzellen zusammengesetzte Scheide begrenzt wird, welche wieder durch 2 oder 3 Reihen Parenchymzellen von der Kernscheide getrennt ist.

Scindapsus Schottii und *Scindapsus marantaeifolius.*

Diese beiden Arten liessen sich schwer untersuchen wegen der

grossen Menge Stengel und Wurzeln, welche durcheinandergewachsen waren. So viel war aber sichtbar, dass beide Arten gutentwickelte, sehr dicke, positiv geotropische Nährwurzeln besitzen, und dass sie sich mit ziemlich langen Haftwurzeln, welche nur in der Nähe des Knotens entstehen, an die Stütze festheften. Diese Haftwurzeln wachsen bei *Scindapsus Schottii* sehr oft von der Erde hinweg, was wohl negativem Geotropismus zugeschrieben werden muss.

Bei *Scindapsus Schottii* ist der anatomische Unterschied zwischen Nähr- und Haftwurzeln gering; nur sind die Gefässe bei letzteren in geringerer Zahl vorhanden und englumiger, ist das Rindenparenchym in radialen Reihen angeordnet und fehlt eine Reihe sklerotisch verdickter Zellen um den Centralcylinder, welche bei den Nährwurzeln gefunden werden. Ihr Durchmesser beträgt 5 resp. 3 Mm., wovon die Hälfte resp. ein Drittel auf den Centralcylinder kommt.

Scindapsus marantaefolius zeigt ein etwas anderes Verhalten im anatomischen Bau der Wurzeln als die übrigen Aroideen. Man findet nämlich Nährwurzeln von 8 Mm. Dicke, deren Centralcylinder 4 Mm. misst, und Haftwurzeln von 3 Mm. Dicke mit einem Centralcylinder von 1 Mm. Durchmesser, aber das sind nur extreme Fälle; es kommen ausserdem allerlei Zwischenstadien vor. Ich will darum hier den Querschnitt von 3 Wurzeln beschreiben, nämlich der dicksten Nährwurzeln, der dünnsten Haftwurzeln und einer Zwischenform, welche ich Nährhaftwurzel nennen werde. Der Centralcylinder der Nährwurzeln enthält sehr grosse Gefässe, unregelmässig im Centrum zerstreut, umlagert von kleinzelligem Parenchym; an der Peripherie schliessen sich hier an ganz kurze Strahlen von verholzten, ziemlich englumigen Gefässen; zwischen diesen Radialen liegen die kleinen Phloembündel. Ausserhalb der Kernscheide findet man erst 6 Reihen stark abgeplatteter Parenchymzellen, dann eine 2 Zellen dicke Scheide von sehr stark verdickten Steinzellen und endlich das Rindenparenchym mit Sklerenchymfasern.

Die Haftwurzeln haben im Innern des Centralcylinders noch etwas parenchymatisches Mark; weiter besteht ihr grösster Theil

aus Sklerenchymelementen, und nur an der Peripherie findet man einige kleine Gefässe zu Strahlen angeordnet. An die Endodermis grenzen aussen zuerst 2 oder 3 Reihen abgeplatteter Zellen, dann eine 1 oder 2 Zellen dicke Schicht von kurzen Sklerenchymelementen, deren Zellhaut verhältnissmässig wenig verdickt ist, während die äussere Rinde im Bau mit derjenigen der Nährwurzeln übereinstimmt. Das ist auch der Fall bei den Nährhaftwurzeln, wo die Steinzellen der Rinde in ihrem Verhalten ungefähr in der Mitte zwischen beiden vorhin erwähnten Fällen stehen; darauf folgen an der Innenseite 4 Reihen Parenchymzellen und dann die Kernscheide. Die Gefässe sind hier etwas englumiger als diejenigen der Nährwurzeln, dagegen weiter als bei den Haftwurzeln. Am Rande des Centralcyinders sind sie radial angeordnet, dagegen im Centrum zu Gruppen mit Sklerenchymelementen vereinigt, sodass sie im Querschnitt aussehen wie Inseln, welche dem Parenchym eingebettet liegen. Dieses Parenchym ist zwischen den Strängen nirgends mehr als 2 oder 3 Zellen stark; nur im Centrum ist es etwas mehr entwickelt. Leider beobachtete ich diese Eigenthümlichkeiten der anatomischen Structur bei *Sc. marantaefolius* erst, als ich nicht mehr in Buitenzorg war, sodass ich nicht weiss, wie sich diese Wurzeln an der lebenden Pflanze verhalten.

Von den Aroideen wurden noch untersucht: *Epipremnum mirabile* und *Tornelia dilacerata*, welche sich in Bezug auf ihre Wurzeln ungefähr wie *Pothos aurea* verhalten, und einige nicht näher bestimmte Arten, theilweise auch im Urwald gefunden. Da diese nichts besonders Merkwürdiges mehr zeigten, so will ich sie nicht weiter besprechen und nur erwähnen, dass ich noch bei einer Art negativ geotropische, von der Erde hinwegwachsende Adventivwurzeln fand.

Fassen wir diese Untersuchungen über Aroideen zusammen, so ergibt sich zunächst, dass in den Fällen, welche die vollkommenste Anpassung an ihre Lebensweise zeigen, ein sehr starker Unterschied zwischen den zur Festheftung an das Substrat dienenden Haftwurzeln und den Nährwurzeln vorkommt.

Letztere wachsen unter einem Eigenwinkel von ungefähr 45° aus dem Stengel hervor und entstehen an dessen Vorderseite; sie sind positiv geotropisch und wachsen sehr schnell dem Boden zu. Ihr Centralcylinder ist sehr stark entwickelt, mit weiten Gefässen und wenig Sklerenchym; dagegen wird er von aussen oft durch eine in der Rinde, in der Nähe der Endodermis, vorkommende Sklerenchymscheide geschützt. Die vollkommensten Haftwurzeln bilden sich nur an den Knoten an der Hinterseite des Stengels, aus dem sie senkrecht hervorwachsen. Sie sind nicht geotropisch, dagegen sehr empfindlich für Contactreize, und umwinden daher mit grosser Leichtigkeit eine Stütze. Gefässe enthalten sie wenig, und dann sind diese noch sehr englumig; der grösste Theil ihres Centralcylinders, der im Ganzen weniger stark entwickelt ist als bei den Nährwurzeln, besteht aus sklerotischen Zellen. Damit steht im Zusammenhang, dass die Schutzscheide von kurzen Sklerenchymelementen ausserhalb der Endodermis meist fehlt oder wenig entwickelt ist. Wenn die Nährwurzeln noch Nebenwurzeln bilden, dann verhalten sich diese meist ganz ähnlich wie die Haftwurzeln. Weniger entwickelt sind diejenigen Haftwurzeln (z. B. bei *Pothos aurea*), welche kurz bleiben und dann oft am ganzen Internodium entlang gefunden werden, wobei aber meist die den Knoten zunächst liegenden Wurzeln länger als die übrigen sind.

Primitiver sind die Aroideen, wo keine Nährwurzeln gefunden werden und wo nur bisweilen eine Haftwurzel die Erde erreicht; in diesem Falle sehen wir auch wohl die ursprüngliche Art und Weise, wie sich die Nährwurzeln gebildet, bis sie es zu so vollkommenen Formen gebracht, wie wir sie bei *Syngonium album* kennen gelernt haben. Hier besteht eben der anatomische Unterschied noch nicht, und wir müssen jedenfalls die Haftwurzeln als phylogenetisch ältere Adventivwurzeln ansehen, da das Bedürfniss, Nährwurzeln zu bilden, sich erst bei kletternden Pflanzen einstellen wird.

Zwischenformen zwischen Haft- und Nährwurzeln kommen selten vor; nur bei *Scindapsus marantaefolius* konnte ich sie auffinden, insoweit es die anatomische Structur betraf.

Dagegen findet man oft bei derselben Gattung die Arten mit Anpassungen so verschiedenen Grades versehen, dass sie eine ununterbrochene Reihe zwischen den am einfachsten ausgebildeten Wurzelkletterern und den vollkommen adaptirten Formen, wie *Syngonium album*, darstellen könnten. Diese letzteren zeigen dann oft die Eigenthümlichkeit, dass der Stengel um so dicker wird, durch je mehr Nährwurzeln er mit dem Boden verbunden ist, und dass der untere Theil oft abstirbt. Solche Pflanzen machen dann ganz den Eindruck von Epiphyten, weshalb ich sie, wie gesagt, *Pseudo-Epiphyten* nenne. Es wird aber in der Natur meist sehr schwierig sein, solche Pseudo-Epiphyten von Epiphyten mit Nährwurzeln zu unterscheiden — diese nenne ich im Gegensatz zu den *wahren Epiphyten*, welche ihre anorganische Nahrung in jedem Lebensstadium nur der Luft und dem Luftstaube entnehmen, *Hemi-* oder *Halb-Epiphyten* —, da man die Entwicklung nicht mehr verfolgen kann. Es wird ja auch gewiss oft vorkommen, dass dieselbe Art das eine Mal als Pseudo-Epiphyt, das andere Mal als Halbepiphyt wächst. Bei der Gattung *Scindapsus* sehen wir ein solches Bild verschiedener Anpassungen bei verschiedenen Arten: *Scindapsus pothoides* hat nur Haftwurzeln, wovon aber diejenige, welche dem Knoten zunächst liegt, länger und stärker entwickelt ist als die übrigen und unten am Stengel wohl auch einmal in den Boden eindringt. Bei *Scindapsus lingulatus* ist diese eine Wurzel viel stärker entwickelt, sodass sie einen dicken Baum umwachsen kann und in anderen Fällen in die Erde eindringt und zur Nährwurzel wird. Im Zusammenhang hiermit weicht auch ihre anatomische Structur von der der Haftwurzeln ab. Bei *Scindapsus Schottii* sind die Nährwurzeln vollkommen ausgebildet, die kurzen Haftwurzeln verschwunden und die langen in der Nähe des Knotens übrig geblieben.

Die Eigenthümlichkeiten der Anatomie bei den Wurzeln der Aroideen sind ausführlich von van Tieghem ¹⁾ beschrieben

1) Van Tieghem, Recherches sur la structure des Aroidées. Ann. d. Sc. nat., 1^e Sér., Bot., T. VI, 1866.

worden; dieser hat z. B. auch auf die Sklerenchymscheide ausserhalb der Endodermis in vielen Fällen aufmerksam gemacht. Da er aber den Unterschied zwischen Nähr- und Haftwurzeln nicht kannte, so sind die oben mitgetheilten Eigenthümlichkeiten bei Wurzeln derselben Pflanze ihm unbekannt geblieben.

ORCHIDEAE.

Die Orchideen boten für meinen Zweck wenig Interessantes, da sie, was ihre Adventivwurzeln betrifft, von Schimper u. A. schon ziemlich ausführlich untersucht und beschrieben wurden. Ich verweise hier also auf diese Beschreibungen und möchte nur noch bemerken, dass Halbepiphyten bei dieser Familie nicht gefunden werden. Es sind entweder wahre Epiphyten, oder Pflanzen mit terrestrischer Lebensweise, oder in sehr seltenen Fällen Wurzelkletterer. Zu letzterer Kategorie gehören z. B. *Cirrhopetalum stramineum*, *Sarcophilus*-, *Rhenanthera*- und *Vanilla*-Arten. Das Verhalten der Wurzeln bei *Vanilla aromatica* ist schon oft beschrieben; besonders Treub hat interessante Beobachtungen daran gemacht ¹⁾; ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass man dort ausserordentlich reizbare Wurzelranken findet.

PANDANEAE.

Freycinetia Bennettii.

Bei den Freycinetien ist die Art und Weise des Kletterns gewöhnlich nicht so leicht ersichtlich wie bei den Aroideen, da die Stengel meist nicht senkrecht an einer Stütze emporwachsen, sondern sich um dieselbe herumschlingen, was die Untersuchung des Gewirrs von Haft- und Nährwurzeln eben nicht erleichtert. In der Nähe des Knotens, aber auch weiter entfernt am Internodium, kommen senkrecht aus dem Stengel kräftige, dicke Haftwurzeln hervor, welche in der ersten Zeit nicht geotropisch zu sein scheinen, aber später etwas von der Schwerkraft beeinflusst werden; ziemlich dicke Stützen werden langsam von ihnen umwachsen.

¹⁾ Treub, Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg, Vol. III, 1883, p. 178.

Ausserdem kommen unter einem Winkel von etwa 45° Nährwurzeln aus dem Stengel hervor, welche positiv geotropisch sind und schnell wachsen, um den Boden zu erreichen. Die freihängenden, nutirenden Zweige, welche in Folge ihres eigenen Gewichtes herunterhängen, tragen nur sehr selten Wurzeln.

Die Nährwurzeln sind 5 Mm. dick, ihr Centralcylinder 3 Mm.; die beiden Durchmesser betragen bei den Haftwurzeln 2 resp. 1 Mm. Anatomisch ist der Unterschied zwischen beiden Wurzelarten auch sehr gross (Fig. 12 *a, b*).

Das Rindenparenchym ist bei beiden ganz ähnlich zusammengesetzt, nur ist die Endodermis bei den Haftwurzeln stärker verdickt als bei den Nährwurzeln; dagegen enthält der Centralcylinder bei letzteren eine ungeheuere Menge sehr weitlumiger Gefässe, während die Haftwurzeln nur wenige enge Gefässe enthalten, aber ein so stark entwickeltes Sklerenchym, dass das Lumen der Zellen, aus denen es sich zusammensetzt, fast ganz verschwunden ist. Bei den Nährwurzeln kommt dieses Sklerenchym übrigens auch zu bestimmten Bündeln mit den Gefässen vereinigt vor, besonders die Phloembündel begleitend, sodass man im Innern des Centralcylinders noch wieder bestimmte Fibrofasalstränge unterscheiden kann. Darüber vergleiche man die schon vor Jahren von Nägeli ¹⁾ gegebene Schilderung.

Freycinetia spec. von Bangka verhält sich ganz wie die vorher geschilderte Art, ebenso auch *Freycinetia angustifolia*; nur entstehen dort die Nährwurzeln mehr am untern Theile des Stengels. Bei *Fr. imbricata* fehlen sie ganz.

Freycinetia javanica.

An den Knoten und übrigens auch am Internodium entstehen senkrecht auf dem Stengel ziemlich dicke Adventivwurzeln, welche in der ersten Zeit ihrer Entwicklung, wie es scheint, von der Schwerkraft nicht beeinflusst werden, was aber später wohl der Fall ist, da sie sich bisweilen dem Boden zuwenden; sie sind ziemlich oft verzweigt. Wenn sie eine Stütze erreichen, winden sie sich als Haftwurzeln darum, wobei auch ihre Ne-

1) Nägeli, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik, Heft 1, 1858, p. 30 ff.

benwurzeln zur Befestigung dienen können. Diese Wurzeln sind also eine Art Zwischenzustand zwischen Haft- und Nährwurzeln. Ähnliches sieht man bei *Fr. strobilacea*, findet dort aber auch einige Wurzeln, welche ganz ausgesprochen positiv geotropisch sind.

Wir sehen also bei den Freycinetien alle Stufen der Anpassung; auf der niedersten Stufe steht dann *Fr. imbricata* ohne Nährwurzeln, dann kommt *Fr. javanica*, wo sich die Haftwurzeln bisweilen zu Nährwurzeln bilden, dann *Fr. strobilacea*, wo schon einige wirkliche Nährwurzeln sichtbar sind, endlich *Fr. angustifolia*, wo sich diese Organe nur am unteren Theil des Stengels bilden, während die obere Stufe mit gut ausgebildeten Nährwurzeln von *Fr. Bennettii* eingenommen wird.

Alle Arten dieser Gattung sind Wurzelkletterer, welche, wenn sie im Besitze von Nährwurzeln sind, später pseudo-epiphytisch leben können. Bei einigen im Urwald beobachteten Exemplaren schien es mir, dass sie als Hemi-Epiphyten lebten.

PIPERACEAE.

Chavica Betle.

An jedem Knoten, der mit einer Stütze in Berührung kommt, und an der Mehrzahl der übrigen Knoten findet man einen Wirtel senkrecht aus dem Stengel hervorwachsender Adventivwurzeln, welche nicht geotropisch, aber negativ heliotropisch sind. Wenn sie mit einer Stütze in Berührung kommen, verlängern sie sich nur wenig, verzweigen sich aber eine Anzahl Male, sodass ein Büschel Wurzeln entsteht; in dieser Art heftet sich also die Wurzel mit einer grösseren Fläche dem Substrat an. Ähnlich verhält sich *Chavica densa*, ebenso *Chavica Siriboa*; nur nutirt hier der Stengel der Pflanze stärker. *Chavica majuscula* hat viel weniger entwickelte Haftwurzeln und klettert deshalb auch mehr vermöge ihres nutirenden Stengels. *Chavica Melamiri* bildet die Haftwurzeln nur, wenn der Stengel mit einer Stütze in Berührung kommt und dort auch nur an der Hinterseite des Stengels. Anatomisch zeigte sich, dass der Centralcylinder der Haftwurzeln von *Chavica Betle* fast nur aus Parenchym bestand mit einigen wenigen Xylem- und Phloemstrahlen.

Cubebe mollissima.

Diese Pflanze benutzt ihre Adventivwurzeln nur theilweise zum Klettern; sie entstehen an der vom Lichte abgewandten Seite des Stengels in zwei oder drei Längsreihen unterhalb des Knotens; man findet sie aber nicht an allen Zweigen, selbst nicht immer, wenn diese an der Stütze entlang wachsen. Sie sind nicht geotropisch, haben in der Rinde collenchymatisch verdickte Zellen, während der Centralcylinder kein Sklerenchym enthält, aber eine grosse Menge parenchymatisches Mark und 10 kurze Xylem- und Phloemstrahlen. Die beiden anderen, von mir untersuchten Cubebenarten: *C. officinalis* und *C. canina* hatten am Knoten einen Wirtel von Adventivwurzeln; bei der zuerstgenannten Art um den ganzen Knoten herum, bei der zweiten nur an der der Stütze zugekehrten Seite.

Bei *Piper nigrum* finden wir dasselbe Verhalten wie bei *Chavica Betle*, aber anatomisch wieder viel Sklerenchym und etwas parenchymatisches Mark im Centralcylinder. *Muldera baccata* hält ungefähr die Mitte zwischen *Chavica Melamiri* und *Ch. Betle*.

Wenn auch bei den Piperaceen wenig ausgebildete Anpassungen vorkommen, so sind doch die Arten auf verschiedenen Stufen der Anpassung stehen geblieben, und kann man abwärts von *Cubebe mollissima*, der am vollkommensten adaptirten Art, bis zu der nicht mit Wurzeln kletternden *Enckea Schlechtendahlia* z. B. folgende Reihe bilden: *Chavica Melamiri*, *Muldera baccata*, *Chavica Betle*, *Chavica majuscula*.

ARTOCARPEAE.

Pipturus repandus.

Diese Pflanze mit nutirenden Stengeln bildet bei Berührung mit einer Stütze und bisweilen auch an freihängenden Aesten Adventivwurzeln, hauptsächlich in der Nähe der Knoten. Sie sind nicht geotropisch und umwachsen die Stütze, wobei sie sich ziemlich stark verzweigen. Einige aber sind positiv geotropisch, ohne dass ein Unterschied in der Entstehung mit den

Haftwurzeln sichtbar wäre; diese wachsen zum Boden und werden so zu viel dickeren Nährwurzeln.

Conocephalus ovatus.

Adventivwurzeln entstehen in der Nähe der Knoten und auch an anderen Stellen des Internodiums. Die meisten sind nicht geotropisch, bleiben dabei ziemlich dünn ($\frac{1}{2}$ —2 Mm.) und umwachsen eine Stütze; andere aber werden viel dicker (5 Mm.) und wachsen um die Stütze herum spiralig zum Boden, werden so zu Nährwurzeln. Die beiden Wurzelarten zeigen den gewöhnlichen Unterschied: die Nährwurzeln mit vielen, weitlumigen Gefässen, die Haftwurzeln mit wenigen, englumigen Gefässen und viel Sklerenchym; das gilt hier aber ebenso für die Wurzeln, welche secundäres Dickenwachstum zeigen; ich werde das bei anderen Dicotylen ausführlicher besprechen. Die mitteldicken Wurzeln bilden aber ein Zwischenstadium, sodass man bei der ganzen Betrachtung dieser Wurzeln den Eindruck bekommt, dass der Unterschied nicht scharf ausgeprägt ist; vielleicht wird hier das Dickenwachstum auch durch die Function der Wurzel beeinflusst.

Conocephalus azureus hat ebenso wie die schon besprochene Art bandförmige Haftwurzeln an den Zweigen, welche der Stütze angeschmiegt sind, und ausserdem einige dünne, zum Boden kriechende Wurzeln. *C. suaveolens* hat Adventivwurzeln, welche an der Stütze entlang und der Mehrzahl nach spiralig zum Boden hin wachsen, sodass es hauptsächlich Nährwurzeln sind, deren Function aber wohl gering sein wird, da sie sehr dünn bleiben. *C. ellipticus* klettert überhaupt nicht mit Haftwurzeln.

Die halb-epiphytischen Ficus-Arten (Urostigma u.s.w.).

Schimper vermuthet, dass sich die epiphytischen Feigenbäume in ihrem Verhalten den von ihm untersuchten *Clusia*-Arten anschliessen ¹⁾, sodass „die ersten Entwicklungsstadien denjenigen von *Clusia rosea* sehr ähnlich (wären) und zunächst zu einem primären System von Adventivwurzeln führen, das den Stamm als anastomosirendes Geflecht umhüllt und mit zahlreichen

1) Schimper, l. c., p. 60.

Ann. Jard. Buit. Vol. XII.

Aesten in den Boden dringt. Bei den von mir gesehenen Arten und bei *Coussapoa Schottii* war, wie bei *Clusia*, die eine dieser Wurzeln weit stärker als die andern und einer Hauptwurzel gleich". Es wird sich zeigen, dass, mit einigen geringen Modificationen, die Sache sich so verhält, wie Schimper vermuthete. Bei diesen Untersuchungen prüfte ich auch eine Bemerkung Karsten's¹⁾: „Die sogenannten Luftwurzeln der *Clusia* und parasitischen *Ficus*arten sind alle mit einer Wurzelmütze versehen, während das Würzelchen des Keimlings, wie auch das der *Vismia*, ähnlich in die Nährpflanze eindringt, wie das der *Loranthaceen*". Das klingt zwar sehr eigenthümlich; es musste aber doch einmal untersucht werden.

Ich sammelte Keimpflänzchen in Buitenzorg und Umgegend und ging auch selbst daran, Keimungsversuche anzustellen, was wider Erwarten sehr leicht gelang, als ich die Früchte auf feuchten Torf aussähte. Diese Keimpflänzchen hatten nichts Eigenthümliches, waren im Besitze einer Hauptwurzel mit Wurzelmütze. Leider war die Zeit zu kurz, um die weitere Entwicklung dieser Keimpflänzchen zu verfolgen, und musste ich mich also damit begnügen, die verschiedenen Stadien in der Natur aufzusuchen.

Jetzt zeigte sich ein eigenthümliches Verhalten. Die jungen Feigenpflänzchen sind nämlich mit knollenförmigen Bildungen versehen, von denen ich einige in den Fig. 15—17 abgebildet habe. Die Knollen entstehen theilweise durch Verdickung des unteren Stengeltheiles, hauptsächlich aber durch Verdickung der Wurzel oder Wurzeln; auch die Nebenwurzeln können sich wieder verdicken, was dann bisweilen zu rosenkranzförmigen Bildungen führen kann (Fig. 16. 17). Diese jungen Feigenpflänzchen findet man auf allerlei Bäumen, gewöhnlich in Rissen der Rinde oder zwischen Adventivwurzeln, wobei dann der beblätterte Stengel in die Luft ragt, aber die knollenförmige Wurzel in dem Riss festgeheftet sitzt. Die Form der Knolle wird also auch einigermaassen durch die Stelle bestimmt, welche die

1) Karsten, Bot. Zeitung, 1852, p. 342.

Pflanze als Wohnstatt eingenommen hat, und dabei wird diese Knolle eben auch zur ersten Befestigung der Pflanze dienen. Ausziehen kann man diese gewöhnlich nicht; man muss erst die Rinde des Wirthes ringsum wegschneiden, ehe man die junge Pflanze ausheben kann. Aber es scheint, als wenn diese Knollen mehr speciell ein Wasserreservoir darstellten, wie ja auch andere Epiphyten, z. B. Orchideen, es besitzen. Es wird sich bald zeigen, dass diese Knollen hauptsächlich aus einem sehr wasserhaltigen Parenchym aufgebaut sind; aber ich habe auch experimentell nachweisen können, wie sehr diese Knollen die jungen Pflanzen gegen Wasserverlust schützen, indem ich acht solcher Pflanzen an einer trockenen Stelle aufbewahrte. Zwei waren ohne Knollen; diese waren nach drei Tagen todt; darauf folgten diejenigen mit nur wenig verdickten Wurzeln, während das Pflänzchen mit den grössten Knollen am längsten (länger als drei Wochen) am Leben erhalten blieb.

Was nun die anatomischen Verhältnisse betrifft, so finden wir an der jungen Wurzel eine Rinde aus 5 oder 6 Zellreihen, wovon die äussere zu Wurzelhaaren auswächst und die innere eine Endodermis darstellt. Der Centralcylinder hat einen zweistrahligen Xylemkörper, durch Grundgewebe von den beiden zur Seite liegenden Phloemsträngen getrennt. Der secundäre Dickenzuwachs ohne Knollenbildung verläuft in normaler Weise durch die Bildung einer Cambiumschicht, welche centrifugal Bast bildet und im Innern Holz, wobei in beiden Theilen sehr viele, stark verdickte Sklerenchymfasern auftreten. Die Knollenbildung findet nun hauptsächlich im Holztheile statt, indem das Cambium anfängt, viele Parenchymzellen zu bilden und nur wenig Holz, sodass der Holztheil aussieht wie ein 3- oder mehrstrahliger Stern inmitten des Parenchyms (Fig. 18); nachher bildet sich überhaupt fast nur ein grosszelliges Parenchym und nur selten einige Holzfasern oder Gefässe (Fig. 19). Im fertigen Zustand (Fig. 20) besteht also die Knolle innerhalb des Cambiums aus einer grossen Parenchymmasse mit hier und da einigen Holzfasern oder Gefässen, und in der Mitte ist der ursprüngliche Holzstrang (d. h. der secundäre Holzstrang, da der primäre

Xylemkörper nur in jungen Wurzeln noch zu unterscheiden ist); dieser ist dabei hin und her gebogen (Fig. 21), da offenbar durch das knollenförmige Wachsthum die Wurzel sich verkürzt hat, als Folge davon, dass dieselbe sich nicht überall eben stark verdickt. Die Cambiumzellen liegen überall in einer Fläche, welche der Oberfläche der Knolle parallel ist, und daher werden die Parenchymzellen auch in Reihen gebildet, welche senkrecht hierauf gerichtet sind, also in der Richtung der Radien verlaufen; im Querschnitt bekommt man also selten ein regelmässiges Bild von der Knolle zu sehen. Verfolgt man die Structur der verdickten Wurzel aufwärts, so zeigt sich, dass der obere Theil oft aus dem Stengel hervorgegangen ist, indem man in der Mitte noch etwas Mark übriggeblieben sieht, während auch die primären Gefässbündel des Stengels noch im Holztheil einigermaassen kenntlich sind. Der Phloemtheil bleibt ziemlich dünn, enthält wenig Gefässe, ziemlich viele Bastfasern, Milchsaftschläuche und viel Parenchym, das unmerkbar in die Rindenzellen übergeht; an der Aussenseite bildet sich eine etwa 6 Zellen dicke Korksicht. In der ausgewachsenen Knolle ist also der Theil innerhalb des Cambiums enorm gross im Verhältniss zum peripherischen.

Wo die Knollenbildung zuerst auftritt, wage ich nicht zu entscheiden. Einmal sah ich einen Fall, wo die Anschwellung eben angefangen hatte und wo oberhalb der Anschwellung noch ein Stück Wurzel mit gewöhnlicher, secundärer Holzbildung war. Ob dieser Theil später in die Knollenbildung mit aufgenommen sein würde und dann nachher auch der untere Theil des Stengels, oder ob dieser Theil sich überhaupt nicht weiter verdickt haben würde, war natürlich nicht zu sagen, wenn mir Ersteres auch wahrscheinlicher vorkommt, da bei den untersuchten ausgewachsenen Knollen immer der obere Theil ein metamorphosirter Stengeltheil war.

Ich untersuchte auch einige ältere Stadien; zuerst tritt viel Stärke im Centrum auf, aber besonders in den Markstrahlen, welche eben dadurch deutlicher sichtbar werden, als sie es bisher in dem wenig differenzirten Parenchym waren; dann bilden sich

wieder mehr Holzelemente, immerhin noch vermischt mit ziemlich vielem Parenchym, und endlich entsteht normales, secundäres Holz, alles voller Stärke. Es hat jetzt den Anschein, als ob die Wurzel ein Mark enthielte, aber ein Mark, in dessen Mitte man noch die Reste des ursprünglichen, secundären Holzkörpers wahrnimmt. In der Rinde tritt als Bildung, welche noch Beobachtung verdient, später eine Schicht von sehr stark verdickten Sklerenchymzellen an der Innenseite des Korkes auf.

Untersuchen wir jetzt das weitere Verhalten dieser Ficuspflanzen. Es bilden sich bald am untern Theil des Stengels einige Adventivwurzeln, wie das schon in der Figur 16 sichtbar ist. Diese werden zu Haftwurzeln, welche eine Stütze umwachsen; sie wachsen meistens in ziemlich horizontaler Richtung, verzweigen sich und anastomiren mit einander, woher es kommt, dass ein solcher Ficus einen besonders eigenthümlichen Eindruck macht, wenn er sich in dem Risse einer Mauer festgesetzt hat. Bald ist also die Stütze von einem dichten Geflecht solcher Haftwurzeln umgeben.

Bisweilen wachsen einige dieser Wurzeln schräg herunter und erreichen den Boden; das sind indess nur Ausnahmefälle, während die Regel ist, dass sich nach einiger Zeit auch wieder aus der Stengelbasis eine positiv geotropische Wurzel bildet, die schnell zum Boden hin wächst, dort sich festheftet und also zur Nährwurzel wird. Ueber die eigenthümlichen Spannungen bei diesen Nährwurzeln habe ich schon früher ausführlich gesprochen (p. 15—19) und verweise also hier darauf.

Jetzt zeigt sich auch wieder ein Unterschied zwischen diesen Halb-Epiphyten und den wahren Epiphyten, wie Orchideen u. A. Letztere behalten ihre Wasserbehälter ihr ganzes Leben hindurch; hier aber, wie ich schon soeben bei der Besprechung der anatomischen Structur angab, verholzt die Knolle allmählich, da die Pflanze ihr Wasser eben dem Boden entnehmen kann. Ich fand z. B. bei der p. 18 genannten Art Folgendes: Wie dort schon beschrieben, war eine einzige, dicke Nährwurzel vorhanden, und hatte die Pflanze sich in einem Canariumbaum angesiedelt. Dessen Stamm hatte sich etwa 11 M. über der

Erde in zwei Aeste getheilt, und in der Gabelung zwischen diesen sass der Ficus. Es zeigte sich, dass er nicht nur mit seinen den Baum umklammernden Wurzeln, sondern auch noch mit einer einzigen Pfahlwurzel ziemlich tief in dem Stamm befestigt war. Als diese Wurzel herausgenommen wurde — das konnte aber nur theilweise geschehen, um den Canariumbaum nicht zu beschädigen —, da zeigte sich, dass sie ganz verholzt war, aber mit einer knollenförmigen Verdickung versehen. Es war offenbar die ursprüngliche Wurzelknolle. In wie weit eine Correlation zwischen der Bildung der Nährwurzel und dem Auftreten des Holzes in der Wurzelknolle besteht, ist mir unbekannt; spätere Untersuchungen werden hierüber Aufschluss geben müssen.

Dass sich später mehr Nährwurzeln bilden, welche den Baum, der als Stütze dient, ganz umgeben, sodass er dem Auge oft entzogen und vom Feigenbaum bald ganz erstickt wird; dass sich auf diese Weise die riesigen Bäume bilden, welche man auf Java „wringin“ nennt; dass einige Arten hiervon auch noch aus ihren horizontalen Zweigen Luftwurzeln zum Boden senden, welche sich bald verdicken und die Zweige stützen, die sonst in Folge ihrer Schwere leicht durchbrechen würden; dass sich derart ein Wald von Nähr- und Stützwurzeln bildet, wie man ihn in der wahrhaft einzigen Wringinallee zu Buitenzorg bewundern kann: das Alles sind ja allbekannte That-sachen, worauf ich also hier nicht weiter einzugehen brauche¹⁾.

Schon aus dem Versuche Darwin's, der mir die Anregung zu dieser ganzen Untersuchung gab, geht hervor, dass es auch unter den Ficusarten gewöhnliche Wurzelkletterer gibt. Ich untersuchte auch solche, hauptsächlich im Urwald wild wachsende Arten, fand aber nichts besonders Eigenthümliches an den, bei den Knoten hervorwachsenden Luftwurzeln dieser Arten. Ich erwähne es hier auch nur, weil es für die Folgerungen, die ich am Schlusse dieser Arbeit aus den Beobachtungen ziehen werde, von Interesse ist.

1) Siehe Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen, Theil I, Marburg, 1889, p. 170. 171.

ARALIACEAE.

Heptapleurum ellipticum.

An den Internodien, gänzlich unabhängig von den Knoten, bilden sich Adventivwurzeln, welche senkrecht aus dem Stengel hervorstechen und nicht geotropisch sind. Wenn sie eine Stütze finden, umwachsen sie diese, da sie sehr reizbar sind. Auf diese Weise werden sie nicht allein zu Haftwurzeln, sondern umwinden rankenartig auch andere Zweige von *Heptapleurum*, wenn diese sich in der Nähe befinden, sodass die Zweige dieser Pflanze sich also gegenseitig stützen, was Treub schon früher für *Melastomaceen* beschrieben hat¹⁾.

Ausserdem findet man aber auch Wurzeln, welche unter einem Winkel von 45° — 60° aus dem Stengel hervorstechen und an der Stütze entlang den Boden erreichen. Das sind positiv geotropische Nährwurzeln, welche oft wieder Nebenwurzeln bilden, die sich dann als gewöhnliche Haftwurzeln verhalten.

Anatomisch zeigte sich hier, wie bei anderen Dicotylen (*Fagraea*, *Conocephalus*), dass auch beim secundären Dickenwachstum der Wurzeln ein Unterschied auftritt, indem das bei den Nährwurzeln gebildete Holz viele und weite Gefässe enthält (Fig. 22 a), dasjenige der Haftwurzeln dagegen nur wenige, die dabei dann noch sehr englumig sind (Fig. 22 b). Die übrigen Holzelemente sind bei den Haftwurzeln dickwandiger und englumiger als bei den Nährwurzeln.

Heptapleurum Corona Sylvae bildet nur wenig Adventivwurzeln; die meisten werden dann noch zu Nährwurzeln, während man nur einige wenige Haftwurzeln auffinden kann. *Heptapleurum scandens* ist jedenfalls der am wenigsten entwickelte Wurzelkletterer der Gattung; bei den 2 Exemplaren des Buitenzorger Gartens fand ich nur einige wenige, dünne Haftwurzeln.

Paratropia divaricata.

Diese Pflanze verhält sich, was ihre Nähr- und Haftwurzeln

1) Treub, l. c., p. 178.

betrifft, ganz wie *Heptapleurum ellipticum*; nur findet man nicht so viele Adventivwurzeln an den freihängenden Zweigen, sodass ein sich gegenseitig Stützen dieser Aeste ziemlich selten vorkommt. Die Haftwurzeln sind, wenn sie kaum gebildet, sehr dünn und zart, dabei roth gefärbt und gehen gewöhnlich bald zu Grunde. Nur wenn sie eine Stütze erreichen, bleiben sie am Leben, verdicken sich und werden holzig; dasselbe findet man übrigens bei allen Araliaceen wieder.

Paratropia elliptica hat noch weniger Adventivwurzeln an den freihängenden Zweigen; dagegen sind die Haftwurzeln und die in einer Spirale zum Boden wachsenden Nährwurzeln sehr dick.

Paratropia polybotryx ist der *P. divaricata* sehr ähnlich; nur kommt das gegenseitige Stützen der Zweige durch Haftwurzeln hier mehr vor, was aber wohl am stärksten bei *P. venulosa* und *P. quinduensis* ausgebildet ist, wo die Zweige ganz durcheinandergewirrt und fast nicht mehr zu trennen sind. Die Nährwurzeln sind hier nicht deutlich von den Haftwurzeln zu unterscheiden, was sich auch in der anatomischen Structur ausspricht; bei *P. quinduensis* wenigstens, wo sie untersucht wurde, konnte kein Unterschied constatirt werden.

Aralia Hulferiana.

Hier fehlen bestimmte Nährwurzeln ganz, aber bisweilen biegen sich einige Haftwurzeln zum Boden.

Also auch hier findet man Pflanzen, welche auf verschiedenen Stufen der Anpassung stehen geblieben sind, was sich besonders ausspricht in der Art und Weise, wie sich die Zweige gegenseitig stützen. Einige *Heptapleurum*- und *Paratropia*-Arten machten den Eindruck, als wenn sie zu Pseudo-Epiphyten würden. Halb-epiphytische Araliaceen fand ich einige Male im Urwald; die Arten konnten nicht bestimmt werden; sie waren durch dicke Nährwurzeln mit dem Boden verbunden, und es machte nicht den Eindruck, als ob sie ursprünglich auf dem Boden gekeimt wären, sodass sie keine Pseudo-Epiphyten zu sein schienen.

CLUSIACEAE.

Für diese Pflanzenfamilie verweise ich auf die Schimper'sche Abhandlung, da dieser Autor die Pflanzen an ihren natürlichen Standorten hat untersuchen können. Im Buitenzorger Garten sind *Clusia Brognartiana* und *Cl. rosea* mit Haftwurzeln versehen, welche sich nicht scharf von den Nährwurzeln unterscheiden, da erstere sich oft nach einiger Zeit dem Boden zuwandten und später die Function einer Nährwurzel annahmen. Aber diese Pflanzen schienen sich nicht in sehr natürlichen Verhältnissen zu befinden, sodass ich also nur auf die Schimper'sche Arbeit verweise.

MELASTOMACEAE.

Medinilla radicans.

Früher habe ich die Schleimabsonderung bei dieser Pflanze beschrieben, und es ist also schon aus der Figur 6 zu ersehen, dass an jedem Internodium, unterhalb des Knotens, auch an freien, nutirenden Stengeln einige Längsreihen von Adventivwurzeln entstehen. Diese bilden sich zunächst in der Nähe des Knotens und später auch mehr abwärts am Internodium. Sie wachsen in ziemlich horizontaler Richtung; wodurch dies aber bedingt wird, ist mir unbekannt. Wie früher bemerkt, werden sie durch eine Schleimschicht gegen Austrocknung geschützt, aber dennoch bleiben sie nicht lange am Leben, wenn keine Stütze erreicht wird. Kommen sie aber in die Nähe einer Stütze, dann heften sie sich daran fest, verzweigen sich auch oft ein wenig, bleiben aber kurz. Sie sind ziemlich wenig reizbar und winden sich nicht um dünne Stützen. Ihr Centralcyylinder enthält nur einige wenige und dabei sehr englumige Gefässe; sonst besteht er fast nur aus sklerotischen Zellen.

Medinilla pterocaula.

Diese Art hat Zweige, welche viel weniger nutiren als diejenigen bei der vorhergenannten Art. Sie benutzt denn auch viel mehr ihre Haftwurzeln zum Klettern; diese entstehen nur an den Knoten, und dort auch nur wenig an freien Zweigen,

aber in grösserer Anzahl, wenn diese an der Stütze entlang wachsen. Sie werden nicht von der Schwerkraft beeinflusst und wachsen der Stütze angeschmiegt. Sie bleiben kurz, verzweigen sich aber stark, sodass man an älteren Stengeln die Knoten mit einem Büschel von Wurzeln, einer Haftscheibe ähnlich, der Stütze angeheftet sieht.

Andere *Medinilla*-Arten klettern nicht mit Wurzeln, oder klettern überhaupt nicht, während noch andere sich zu Epiphyten, und zwar, so weit mir bekannt, zu Halb-Epiphyten emporgeschwungen haben. Ich fand z. B. eine solche Art im Urwald, die auf etwa 4 M. vom Boden mit dicken Haftwurzeln an einen Baum befestigt war, und wo eine sehr dicke Nährwurzel die Verbindung mit dem Boden herstellte.

Marumia muscosa ist eine kletternde Melastomee, bei welcher ich an einigen Knoten Adventivwurzeln fand, die aber bei dem Buitenzorger Exemplar ganz zwecklos waren, jedenfalls nicht als Haftwurzeln benutzt wurden.

Dissochaete sagittata.

Diese Pflanze benutzt ihre Adventivwurzeln nicht zum Klettern, sondern diese stellen Wurzelranken dar, welche ebenso wie bei den Araliaceen dazu dienen, andere Zweige derselben Pflanze zu fassen, sodass sich die verschiedenen Zweige gegenseitig stützen; Treub hat das schon ausführlich beschrieben¹⁾. Diese Haftwurzeln wachsen in der Nähe der Knoten senkrecht aus dem Stengel hervor und scheinen nicht oder nur wenig positiv geotropisch zu sein.

Dissochaete spec. vom Salak unterscheidet sich nur dadurch von der vorigen Art, dass die Zweige sich etwas weniger gegenseitig stützen. Ungefähr in demselben Grade sah ich die Erscheinung bei einer andern, nicht näher bestimmten *Dissochaete*-Art, wo aber noch hinzukam, dass hier die Adventivwurzeln auch noch bisweilen als Haftwurzeln dienten. Bei einer *Dissochaete spec. von Bangka* scheinen die Adventivwurzeln nur

1) Treub, l. c., p. 178.

in sehr geringem Maasse zum gegenseitigen Stützen der Zweige gebraucht zu werden.

Dissochaete cyanocarpa ist auf der niedersten Stufe der Anpassung stehen geblieben, indem sie ihre Adventivwurzeln noch theilweise zum Klettern benutzt, aber daneben, wenn auch in weniger vollkommenem Grade wie *D. sagittata*, sie zum gegenseitigen Stützen der verschiedenen Zweige gebraucht. Anatomisch findet man hier, wie bei *D. sagittata*, im Centralcylinder ziemlich viel parenchymatisches Mark und nur wenige englumige Gefässe.

SOLANEAE.

Solandra grandiflora.

Diese Pflanze ist die einzige, mit Wurzeln kletternde Solanee, welche ich untersuchte; es gibt deren ja auch nicht viele. An älteren Zweigen entstehen hier Adventivwurzeln, welche nicht geotropisch sind und eine Stütze umwinden, wobei sie sich ziemlich oft verzweigen. Einige Wurzeln sind positiv geotropisch und wachsen als Nährwurzeln dem Boden zu. Wenn auch nicht gross, so ist der anatomische Unterschied zwischen beiden Wurzelarten doch ausgesprochen genug, indem die Haftwurzeln sehr wenige und englumige Gefässe, die Nährwurzeln deren viele und weitleumige im Holzkörper enthalten.

BIGNONIACEAE.

Bignonia argyracea.

Eine Pflanze, welche mit ihrem windenden Stengel, ihren Ranken und ihren Haftwurzeln klettert. Letztere entstehen zu 2 oder mehren an den Knoten und stehen senkrecht auf dem Stengel; sie wachsen an der Stütze entlang, bleiben aber kurz und verzweigen sich büschelförmig, wobei alle Zweige der Stütze fest anhaften. Die Gefässe im Centralcylinder sind fast gar nicht zu sehen, dagegen ist ihr Sklerenchym sehr stark entwickelt.

Bignonia escolenta zeigt eine noch stärkere Adventivwurzelbildung, und dabei windet sich der Stengel sehr stark. *B. speciosa* und *B. venusta* dagegen bilden gar keine Adventivwurzeln und scheinen fast nur mit ihren Ranken zu klettern.

Tecoma grandiflora ist ganz Wurzelkletterer, da die Ranken fehlen und auch der Stengel nicht windet. Die Adventivwurzeln findet man an jedem Internodium in 2—4 Längsreihen an der Hinterseite des Stengels, unterhalb des Knotens. Da der Stengel gewöhnlich der Stütze angeschmiegt wächst, so heften sich diese Wurzeln fest an diese Stütze, verzweigen sich dabei aber nicht oder nur ganz wenig. *Tecoma jasminioides* hingegen hat Ranken, einen etwas windenden Stengel und verzweigte Haftwurzeln an den Knoten. Im Centralcylinder der Adventivwurzeln von *T. grandiflora* sieht man auch hauptsächlich sklerotisch verdickte Zellen und 6 kurze Xylem- und Phloemstrahlen mit wenigen, sehr englumigen Gefässen.

Cuspidaria pauciflora klettert überhaupt nur mit ihren Ranken und ihrem windenden Stengel; dennoch findet man an einigen Stellen des Stengels Adventivwurzeln.

Es gibt wohl keine andere Pflanzenfamilie, wo so viele verschiedene Arten der Anpassung zum Behuf des Kletterns oft in derselben Gattung gefunden werden; wo theils das Winden des Stengels, theils Ranken und theils Haftwurzeln zum Klettern benutzt werden. Die hier gegebenen paar Beispiele dürften das schon genügend gezeigt haben.

VERBENACEAE.

Premna serratifolia.

An etwas älteren Zweigen dieser Pflanzen entstehen unregelmässig Adventivwurzeln, welche sich bald sehr stark verzweigen, dabei in der ersten Zeit nicht geotropisch sind, aber in Folge ihrer Länge und ihres Gewichtes doch nachher zum Boden herabhängen. Diese Wurzeln umwinden Stützen in allerlei Richtungen, bisweilen horizontal, oft in einer Spirale um die Stütze herum zum Boden wachsend, oder sie wachsen positiv geotropisch senkrecht zur Erde. Theilweise functioniren sie also als Nährwurzeln, theilweise als Haftwurzeln, aber ein anatomischer Unterschied ist nicht vorhanden.

Premna parasitica verhält sich ganz ähnlich; nur sind die

Wurzeln noch mehr durcheinandergewachsen, sodass sie oft eine unentwirrbare Masse von Tauern zu bilden scheinen. Dagegen klettert *Premna lucidula* gar nicht mit Haftwurzeln. *P. serratifolia* lebt vielleicht bisweilen pseudo-epiphytisch.

APOCYNEAE.

Eine nicht bestimmte Art von Japan, dort *Miako Kadsoera* genannt, mit windenden Stengeln, klettert mit Haftwurzeln, welche in Längsreihen an unbestimmten Stellen des Internodiums entstehen und sehr kurz bleiben.

ASCLEPIADEAE.

Hoya fraterna, *Hoya longifolia* und *Hoya Cuninghamii* sind Schlingpflanzen, welche an den Knoten, aber auch an anderen Stellen des Internodiums, Adventivwurzeln bilden, welche nicht geotropisch und ziemlich stark reizbar sind, sodass sie leicht eine Stütze umwinden können; bei der zuerstgenannten Art zeigte sich dabei, dass der Centraleylinder fast nur aus sklerotischen Zellen zusammengesetzt ist, mit einigen wenigen, sehr englumigen Gefäßen. *Hoya diversifolia* verhält sich ähnlich, hat aber verzweigte Haftwurzeln. Bei *Hoya carnosia* werden die Haftwurzeln weniger zum Klettern benutzt; in noch geringerer Ausbildung finden wir sie bei *Hoya obovata*, fast ganz fehlend bei einer *Hoya spec. von Bangka*, während es endlich verschiedene *Hoya*-Arten gibt, welche der Adventivwurzeln ganz entbehren.

Dischidia Rafflesiana und *Dischidia bengalensis* will ich hier nach der Beschreibung von Treub ¹⁾ nur erwähnen als Epiphyten, welche im Besitz von kurzen, am ganzen Internodium entlang verlaufenden, nicht geotropischen Haftwurzeln sind, wozu bei *D. Rafflesiana* noch Adventivwurzeln kommen, die aus dem Blattstiel hervorgehen und dann in das Innere der eigenthümlichen becherförmigen Gebilde eindringen.

Trachylopermum chinense ist eine Schlingpflanze, deren Zweige

1) Treub, Ann. d. Jard. bot. de Buitenzorg, Vol. III, 1^e part., 1882, p. 13.

durch Haftwurzeln, welche in Längsreihen unregelmässig am Internodium entstehen und ziemlich kurz bleiben, an die Stütze befestigt werden.

LOGANIACEAE.

Fagraea littoralis und *crassifolia*.

Beide Pflanzen klettern mit Haftwurzeln. Es entstehen nämlich an den Knoten älterer Zweige Adventivwurzeln, welche theilweise nicht geotropisch sind und wie Taue in horizontaler Richtung die Stütze umwachsen, dabei ziemlich dünn bleiben; andere aber sind positiv geotropisch, erreichen bald den Boden, wobei sie oft an der Stütze entlang wachsen, und zeigen dann ein beträchtliches Dickenwachsthum. Diese Nährwurzeln bilden oft wieder Nebenwurzeln, welche nicht geotropisch sind und sich als Haftwurzeln verhalten. Anatomisch besteht der gewöhnliche Unterschied zwischen beiden Wurzelarten, nämlich viele, weitlumige Gefässe bei den Nährwurzeln, dagegen bei den Haftwurzeln nur wenige, enge Gefässe und mehr sklerotisch verdickte Zellen im Holzkörper.

Die beiden beschriebenen *Fagraea*-Arten zeigen die höchste Stufe der Anpassung; auf der untersten Stufe stehen dann solche Arten, welche überhaupt nicht klettern, wie *F. imperialis*, *borneensis* u. *Gardneri*, während *F. auriculata* zwar etwas klettert, aber dazu keine Haftwurzeln benutzt. Bei *F. lanceolata* und etwas mehr ausgeprägt bei *F. monantha* und einer *Fagraea spec. von Bangka* kommen schon Adventivwurzeln vor, welche hauptsächlich in einer Spirallinie um die Stütze herum zum Boden wachsen und also halb Haft- und halb Nährwurzeln sind. Endlich finden wir die Anpassung nach einer andern Richtung bei einer *Fagraea spec. von Buru*, welche nur senkrecht zum Boden wachsende Nährwurzeln hat, deren Nebenwurzeln dann aber die Stütze als Haftwurzeln umwachsen können.

RUBIACEAE.

Psychotria sarmentosa ist ein ganz ausgesprochener Wurzelkletterer; die kurzen Haftwurzeln, welche sich dem Substrat

sehr fest anheften, entstehen schon an den freihängenden Zweigen in Längsreihen, bisweilen selbst am ganzen Internodium entlang. Der Centralcylinder besteht fast ausschliesslich aus sklerotisch verdickten Zellen, sodass man kaum einige englumige Gefässe entdecken kann.

Poederia foetida klettert mehr mit ihrem windenden Stengel als mit Hilfe ihrer Adventivwurzeln, welche in der Nähe der Knoten an den meisten Internodien entstehen, gewöhnlich zu zweien oder dreien und nur ein einzelnes Mal in Längsreihen.

SCHLUSS.

Nachdem ich jetzt die von mir untersuchten Pflanzen hier aufgezählt und beschrieben habe, fragt es sich, ob auch einige Schlüsse aus dem Gesagten gezogen werden können.

Zunächst hat sich gezeigt, dass Luftwurzeln, selbst innerhalb derselben Gattung, in sehr verschiedenen Formen der Anpassung auftreten können. Entweder dienen sie nur als Haftwurzeln, oder es kommen noch Nährwurzeln hinzu. Die Festheftung kann entweder durch lange, tauähnliche Wurzeln stattfinden, die in ziemlich horizontaler Richtung wachsen, oder durch kurzbleibende, sehr stark reizbare Wurzeln, welche sich daher leicht um dünne Stützen herum winden, oder durch kurzbleibende Wurzeln, welche sich sehr stark verzweigen und so haftscheibenähnliche Körper bilden.

Die Nährwurzeln zeigen weniger Verschiedenheit unter sich, nur findet man Zwischenzustände zwischen Haft- und Nährwurzeln. Dabei kann der Eigenwinkel der Nährwurzeln verschieden sein, wenn er auch meist immer kleiner ist als 90° ; dieser Winkel kommt den Haftwurzeln zu. Die Nährwurzeln entstehen mehr an der der Stütze abgewandten Seite des Stengels als die Haftwurzeln.

Wurzelkletterer mit Nährwurzeln sind gewiss besser adaptirt als solche, welche nur Haftwurzeln besitzen, und letztere werden also eine niedrigere Stufe einnehmen müssen, oder besser, die

Vorfahren der erstgenannten entbehrten der Nährwurzeln. Wie aber sind die gewöhnlichen Wurzelkletterer entstanden? Das wird wohl nicht immer in derselben Weise geschehen sein. Es kann sich der Fall ereignet haben, dass, wie bei den Bignoniaceen, das Klettern überhaupt vielen Pflanzen dieser Familie eigen war und dass jetzt einige dieser ihre Wurzelanlagen zu Adventivwurzeln ausgebildet haben. Das geschieht ja im feuchten, tropischen Urwald mehr bei Pflanzen, welche sonst keine Adventivwurzeln bilden. Ich beobachtete es z. B. bei der zu den Compositen gehörigen *Gynura aurantiaca*; da dieses Gewächs windende Stengel hat, so könnte es sich eventuell zu einem Wurzelkletterer ausbilden. In anderen Fällen aber haben die Wurzelkletterer ihre Entstehung wahrscheinlich Pflanzen zu verdanken gehabt, welche mit einem Rhizom versehen waren, oder noch eher solchen, welche auf dem Boden krochen und deren Knoten mit Wurzeln an die Erde festgeheftet waren; solches wird z. B. der Fall gewesen sein bei den Aroideen und vielleicht auch bei den Ficusarten, da es bei dieser Gattung verschiedene Species gibt, welche auf dieser niederen Stufe der Anpassung, als kriechende Pflanzen, stehen geblieben sind. Dass sich die Haftwurzeln jemals zu gleicher Zeit mit der Befähigung zum Klettern entwickelt haben sollten, kommt mir nicht sehr wahrscheinlich vor.

Die Adventivwurzeln brauchten sich auch nicht viel zu verändern, um zur Festheftung einer Pflanze an eine Stütze dienen zu können; negativ heliotropisch waren sie bereits, nur mussten sie ihren Geotropismus verlieren. Auf Contactreiz reagirt ja auch schon, wie Sachs bewiesen, jede andere Wurzel; dass sich dabei in einer feuchten Atmosphäre, wo wenig Licht ist, Wurzelhaare entwickeln und dass diese sich dem Substrat fest anschmiegen, wird auch wohl nicht als neu hinzugekommene Eigenschaft aufgefasst werden müssen.

Ich habe darauf aufmerksam gemacht, welchen Einfluss die Nährwurzeln auf den Durchmesser des Stengels haben, indem dessen Internodien um so dicker werden, durch je mehr Nährwurzeln sie mit dem Boden verbunden sind. Das kann bei Aroideen und einigen anderen Pflanzen selbst so weit gehen, dass

der untere Theil des Stengels ganz abstirbt, indem er, wenn die Nährwurzeln sich gebildet, kaum noch anorganische Nahrung dem oberen Theil des Stengels zuleitet, oder organische Nahrung den Wurzeln bringt. In diesem Falle macht die Pflanze in späteren Stadien ganz den Eindruck eines Epiphyten, weshalb ich dafür den Namen *Pseudo-Epiphyt* gebraucht habe.

Die Epiphyten habe ich unterschieden in *wahre Epiphyten*, welche ihre anorganische Nahrung nur der Luft und dem Luftstaube, der auf Baumrinden u. s. w. sich angehäuft, entnehmen, und *Hemi- oder Halb-Epiphyten*, welche zwar in ihren ersten Entwicklungsstadien auf dieselbe Art und Weise leben, aber später Nährwurzeln bilden, worauf sie sich also genau so wie die terrestren Pflanzen ernähren.

In seiner schon öfters genannten Arbeit hat Schimper ¹⁾ den Beweis geliefert, dass die nothwendige Vorbedingung für eine Pflanze, welche ein epiphytisches Leben führen soll, die leichte Verbreitung ihrer Samen oder Früchte ist. Schimper weist darauf hin, dass aber noch andere Factoren hinzukommen müssen, da es uns sonst unerklärlich ist, warum gewisse Familien mit kleinen und leicht verbreitbaren Samen, wie die Gramineen und Compositen, keine einzige oder nur wenige epiphytische Arten enthalten. Als hinzukommende Factoren nennt er die vegetative Organisation und den Umstand, dass der Epiphytismus sich ganz entschieden im Urwald ausgebildet hat, wo diese Familien nur durch wenige Species vertreten sind. Es mag aber ja auch wohl noch der Umstand hinzukommen, dass viele dieser Arten eine grössere Menge von anorganischer Nahrung brauchen, als sie auf Baumrinden finden können, und dass sie sich auch schwer im Laufe der Generationen daran gewöhnen können, da es keine Zwischenzustände zwischen Erdbewohnern und Epiphyten gibt. Letzteres glaube ich nun aber, das nur für gewisse Familien, wie die Orchideen und Bromeliaceen, gilt, während es andere gibt, wo man diese Zwischenzustände wohl findet, wo sich nämlich die Epiphyten aus Wurzelkletterern entwickelt haben.

1) Schimper, l. c., p. 20 ff.

Ann. Jard. Buit. Vol. XII.

Schimper ¹⁾ glaubt, dass die Epiphyten, welche er zur zweiten Gruppe rechnet, das sind diejenigen, welche mit Nährwurzeln versehen sind, die ich also Halb-Epiphyten nenne, phylogenetisch aus denjenigen hervorgegangen sind, die er zu den anderen Gruppen rechnet, also den wahren Epiphyten. Er nimmt an, dass bisweilen einige Wurzeln eines Epiphyten in Folge ihrer Schwere den Boden erreicht haben, dass der Pflanze daraus Nutzen erwachsen ist, und dass sich auf diese Weise allmählich die Nährwurzeln gebildet haben. Abgesehen noch davon, dass es wohl nicht oft geschehen wird, dass die Haftwurzeln einer hoch über der Erde lebenden Pflanze den Boden erreichen, kommt es mir auch nicht sehr wahrscheinlich vor, dass eine Pflanze, die schon dem epiphytischen Leben angepasst ist, vielen Nutzen ziehen wird aus Wurzeln, welche hin und wieder den Boden erreichen.

Dagegen werden Wurzelkletterer aus Haftwurzeln, die den Boden erreichen, sehr leicht Nutzen ziehen können. Solche Uebergänge habe ich ja in dieser Abhandlung verschiedentlich beschrieben, so bei *Freycinetia*, *Conocephalus*, *Paratropia*, *Premna* und *Fagraea*. Ein niedriger Wurzelkletterer mit dünnem Stengel wird dann ja in seinem oberen Theil mehr Nahrung empfangen können und sich stärker verlängern, sodass er im Kampf ums Licht den Sieg davonträgt. Dass bei diesen Wurzelkletterern mit Nährwurzeln oft der untere Theil des Stengels abstirbt, wodurch sie zu Pseudo-Epiphyten werden, habe ich schon öfters erwähnt. Eben diese Pseudo-Epiphyten werden nun sehr leicht in Halb-Epiphyten übergehen, wenn nur die Samen leicht verbreitet werden können; es braucht in solchem Fall die Pflanze ja nur in ihrer ersten Entwicklungsperiode von der anorganischen Nahrung der Luft und der Baumrinde zu leben, da sie bald Nährwurzeln treibt und, sobald wie diese den Boden erreichen, sich in derselben Weise wie gewöhnliche terrestrische Pflanzen ernährt. Die so entstandenen Halb-Epiphyten werden sich jetzt leicht der epiphytischen Lebensweise mehr adaptiren können, indem sie ihre Nährwurzeln immer weniger

1) Schimper, l. c., p. 52.

gebrauchen, und so kann aus dem Hemi-Epiphyten ein wahrer Epiphyt sich herausbilden. Dann wird also die ganze Entwicklungsreihe diese sein: Wurzelkletterer, Wurzelkletterer mit Nährwurzeln, Pseudo-Epiphyt, Hemi-Epiphyt und wahrer Epiphyt. Eine Äusserung Schimper's¹⁾ scheint darauf hinzuweisen, dass dieser in einigen Fällen die Halb-Epiphyten auch von den Wurzelkletterpflanzen herleitet. Was ihre Phylogenie anbetrifft, so wird man also die wahren Epiphyten in zwei Gruppen einteilen können, nämlich diejenigen, welche sich unmittelbar aus terrestrischen Pflanzen gebildet, und die, welche die obengenannte Entwicklungsreihe durchgemacht haben.

Wenn diese Hypothese über die Entstehungsweise vieler Epiphyten richtig ist, wenn sich also wirklich die Halb-Epiphyten durch den Zwischenzustand des Pseudo-Epiphytismus aus den mit Haftwurzeln kletternden Pflanzen entwickelt haben, so besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Pflanzenfamilien, worin Halb-Epiphyten vorkommen, auch noch auf einer niedrigeren Stufe der Anpassung stehen gebliebene Arten enthalten, sodass man bei ihnen auch noch Wurzelkletterer findet, vielleicht auch solche mit Nährwurzeln, und selbst Pseudo-Epiphyten. Ich habe versucht, dieses zu prüfen, aber leider findet man in systematischen Werken meist nicht viel mehr angegeben, als dass eine Pflanze klettert oder epiphytisch lebt. Ob sie zu dem Klettern Haftwurzeln benutzt, wird nur in sehr seltenen Fällen angegeben, und von der Anwesenheit von Nährwurzeln ist natürlich gar nicht die Rede. Was ich hier zusammenbringen konnte, ist deshalb äusserst unvollständig und beruht theilweise auf den Untersuchungen Schimper's und auf meinen eigenen Beobachtungen. Ich stelle es hier in der folgenden Tabelle zusammen, wo in der ersten Reihe die Gattungen, welche Hemi-Epiphyten, in der zweiten diejenigen, welche Pseudo-Epiphyten, in der dritten die, welche Wurzelkletterer mit Nährwurzeln, und in der vierten die, welche Wurzelkletterer ohne Nährwurzeln enthalten, aufgeführt sind.

1) Schimper, l. c., p. 56.

| Familien. | I.
Hemi-Epiphyten. | II.
Pseudo-Epiphyten. | III.
Wurzelkletterer
mit
Nährwurzeln. | IV.
Wurzelkletterer
ohne
Nährwurzeln. |
|-----------------------|--|---|---|--|
| <i>Aroideae.</i> | Philodendron.
Pothos.
Anthurium.
Scindapsus ? | Philodendron.
Pothos.
Anthurium.
Scindapsus. | Philodendron.
Pothos,
Anthurium.
Scindapsus. | Pothos.
Anthurium ?
Scindapsus. |
| <i>Cyclanthaceae.</i> | Carludovica. | | Carludovica | oder Carludovica. |
| <i>Pandaneae.</i> | Freycinetia ? | Freycinetia. | Freycinetia. | Freycinetia. |
| <i>Artocarpeae.</i> | Ficus. | | | Ficus. |
| | | | Conocephalus.
Pipturus. | |
| <i>Araliaceae.</i> | Paratropia.
Heptapleurum. | Paratropia ?
Heptapleurum ? | Paratropia.
Heptapleurum. | |
| <i>Clusiaceae.</i> | Clusia. | | Clusia | oder Clusia. |
| <i>Melastomaceae.</i> | Medinilla.
Blakea. | | | Medinilla. |
| <i>Solaneae.</i> | Solandra ? | | Solandra. | |
| <i>Verbenaceae.</i> | Premna. | Premna ? | Premna. | |
| <i>Loganiaceae.</i> | Fagraea ? | | Fagraea. | |
| <i>Rubiaceae.</i> | Hillia. | | | |

Diese Liste stimmt wohl so ziemlich mit der aufgestellten Hypothese, dass überhaupt die Halb-Epiphyten sich aus Wurzelkletterern mit Nährwurzeln entwickelt haben, wobei sie oft das Stadium des Pseudo-Epiphytismus durchgemacht, und dass diese Halb-Epiphyten sich wieder langsam zu wahren Epiphyten haben ausbilden können. Wir finden dieses Verhalten denn auch ganz speciell bei denjenigen Pflanzenfamilien, welche überhaupt wenig Epiphyten enthalten, wo also auch die terrestren Pflanzen nicht so leicht eine epiphytische Lebensweise annehmen konnten, wie das bei den Gruppen der Orchideen, Bromeliaceen u. A. offenbar der Fall gewesen ist.

In obiger Tabelle sind ein paar Gattungen nur als Hemi-Epiphyten aufgeführt; das braucht meiner Hypothese noch nicht zu widersprechen, da ja die früheren Stadien in der jetzigen Zeit verschwunden sein können. Was Hillia anbetrifft, so ist es mir dabei nicht bekannt, ob es verwandte Arten in der Gattung

oder in anderen, verwandten Gattungen gibt, welche mit ihren Wurzeln klettern, und eventuell Nährwurzeln besitzen; wohl gibt es andere Rubiaceen, welche Wurzelkletterer sind. Wie Schimper angibt, ist übrigens *Hillia parasitica* kein sehr stark ausgesprochener Hemi-Epiphyt. Bei den Melastomeen weiss ich von der Gattung *Blakea* nicht viel mehr als dasjenige, was Schimper mittheilt, aber das Vermögen, mit Haftwurzeln zu klettern, scheint in dieser Familie sehr verbreitet zu sein. Bei den Loganiaceen ist *Fagraea* die einzige Gattung, welche mit Wurzeln klettert und ebenfalls die einzige, welche Epiphyten enthält; das mag wohl noch als Factor zu der Angabe Schimper's¹⁾ hinzukommen, dass *Fagraea* auch die einzige Gattung der Loganiaceen ist, welche kleine Samen hat.

1) Schimper, l. c., p. 25.

ERKLAERUNG DER FIGUREN.

Tafel I.

Fig. 1. *Philodendron melanochrysum*. Wurzelhaare einer Haftwurzel, zu einem Pseudoparenchym verbunden an die Rinde eines Canariumbaumes festgeheftet. Man sieht die Verwesungsmassen der Rinde an verschiedenen Stellen zwischen den Wurzelhaaren. *e* äussere Zellschicht der Wurzel. $\frac{1.5.0.}{1}$.

Fig. 2. *Dendrobium crumenatum*. Stück einer Haftwurzel an das Substrat *s* festgeheftet. Die dem Substrat anliegenden äusseren Zellen *e* zu Papillen ausgewachsen; die weiteren zu Wurzelhaaren verlängert. *end.* äussere Endodermis. *v* Velamen; an verschiedenen Zellen sieht man die spiralförmigen Verdickungen, welche ebenfalls an einem Wurzelhaar sichtbar sind. $\frac{1.5.0.}{1}$.

Fig. 3. *Vanda Batemanni*. Querschnitt durch die äussere Zellschicht einer Haftwurzel, mit daraus zu einem Pseudoparenchym hervorgewachsenen Wurzelhaaren an eine Rinde festgeheftet. $\alpha\alpha$ sind zwei Scheinzellen, welche demselben Wurzelhaar angehören; ebenso $\beta\beta$. $\frac{3.2.5.}{1}$.

Fig. 4. *Freycinetia angustifolia*. Aeussere Schicht einer Haftwurzel mit Wurzelhaaren, welche einer Rinde angeheftet sind. Quer. $\frac{1.5.0.}{1}$.

Fig. 5. *Heptapleurum ellipticum*. Querschnitt durch die äusseren Zellschichten einer Haftwurzel mit Wurzel-

haaren, zu einem Pseudoparenchym vereinigt an eine Rinde festgeheftet. $\frac{1.5.0.}{1}$.

Tafel II.

Fig. 6. *Medinilla radicans*. Nutirender Zweig mit Adventivwurzeln, bei *a* in eine Schleimschicht eingehüllt; bei *b* und *c* ist diese verschwunden. Nat. Gr.

Tafel III.

Fig. 7. *Philodendron melanochrysum*. Stengel an einem Canariumbaum emporkletternd, mit den langen, dünnen, tauähnlichen Haftwurzeln. An zwei Stellen sieht man dickere Nährwurzeln aus dem Stengel hervortreten und sich dem Boden zuwenden. Der Stengel ist oben dicker als unten. $\frac{1}{3}$.

Tafel IV.

Fig. 8. *Philodendron lacerum*. Wurzel quer. *a* Nährwurzel mit vielen, weiten Gefässen im Centralcylinder und einer Scheide von sklerotisch verdickten Zellen (*skl*) ausserhalb der Endodermis (*e*). *b* Haftwurzel mit wenigen, engen Gefässen und viel Sklerenchym im Centralcylinder. Rindenparenchym homogen. In Fig. 8a sind die grossen Lücken des Rindenparenchyms nicht gezeichnet. $\frac{7.0.}{1}$.

Fig. 9. *Syngonium album* (ob *S. podophyllum*?). Zweig an der Rinde eines Canariumbaumes emporkletternd, mit dünnen, kurzen Haftwurzeln an den Knoten. An zwei Stellen sieht man Nährwurzeln, welche unter einem Eigenwinkel von etwa 45° aus dem Stengel hervorgetreten sind. $\frac{1}{2}$.

Tafel V.

Fig. 10. *Syngonium album*. Wurzel quer. *a* Nährwurzel. Durch helle Punktirung ist Parenchym angedeutet; je dunkler punktirt, desto stärker sklerotisch verdickt sind die Zellen. Im Centralcylinder sehr weite Xylemgefäße und grosse Phloembündel. Im Rindenparenchym sind die dunklen Stränge mit Stärke aufgefüllte Zellen. *b* Haftwurzel. Gefäße sind, wenigstens bei dieser Vergrößerung, zwischen den sklerotisch verdickten Zellen des Centralcylinders kaum mehr zu finden. $\frac{11}{1}$.

Fig. 11. *Anthurium pseudopodophyllum* (*Monstera spec.*?). Wurzel quer. *a* Nährwurzel mit weitleumigen Gefäßen im Centralcylinder und einer Sklerenchymscheide (*skl*) ausserhalb der Endodermis (*e*). *b* Haftwurzel. Die Sklerenchymscheide fehlt und die Gefäße sind so englumig, dass sie bei dieser Vergrößerung nicht unterschieden werden können. $\frac{7.0}{1}$.

Fig. 12. *Freycinetia Bennettii*. Wurzel quer. *a* Nährwurzel mit weitleumigen Gefäßen, welche von höchstens zwei Reihen sklerotischer Zellen umgeben sind. *b* Haftwurzel mit englumigen Gefäßen, welche von dicken Sklerenchymscheiden umgeben sind. $\frac{7.0}{1}$.

Tafel VI.

Fig. 13. *Monstera spec.* Stengel an der Rinde eines Canariumbaumes entlang gewachsen, mit kurzen Haftwurzeln befestigt, welche an den Knoten meist etwas länger sind. Die

Haftwurzeln sind unter einem Eigenwinkel von etwa 45° aus dem Stengel hervorgewachsen. $\frac{1}{3}$.

Tafel VII.

Fig. 14. *Scindapsus pothoides*. Zweig an die Rinde eines Canariumbaumes festgeheftet mit Haftwurzeln, von denen eine dem Knoten zunächst liegende länger als die übrigen ist. Ein frei in die Luft ragender Zweig hat kurze, cylindrische Internodien ohne Adventivwurzeln. (Die Blätter sind der Deutlichkeit wegen nicht gezeichnet.) $\frac{1}{3}$.

Tafel VIII und IX.

Fig. 15. 16. 17. Junge Pflanzen von epiphytischen *Ficus*-Arten mit knollenförmig verdickten Wurzeln. In Fig. 16 ist der obere Theil der Pflanze nicht gezeichnet. Dort sowie auch in Fig. 17 rosenkranzförmig angeschwollene Wurzeln. In Fig. 16 entstehen am unteren Theile des Stengels einige Adventivwurzeln. Nat. Gr.

Fig. 18. Keimpflänzchen von einer epiphytischen *Ficus*-Art. Wurzel quer. Anfang der Knollenbildung. Im Centrum sieht man noch deutlich den zweistrahligen, primären Xylemkörper; dieser wird vom secundären Holz umgeben, während jetzt fast nur Parenchym, mit hin und wieder einigen Holzelementen, vom Cambium gebildet wird. Die Rindenparenchymzellen werden durch Radialwände getheilt. $\frac{7.0}{1}$.

Fig. 19. Halbausgewachsene, knollenförmige Wurzel von *Ficus*, quer. Grenze von Bast und Holzkörper. Das Cambium (*c*) bildet hier nach innen fast nur Parenchymzellen, und nur an einer Stelle (*h*) sind eigentliche Holzelemente sichtbar. $\frac{7.0}{1}$.

Fig. 20. Knollenförmige Wurzel von *Ficus*, quer. Durch helle Punktirung ist das innere Parenchym an-

gegeben, durch dunkle Punktirung Bast und Rinde. Im Centrum sieht man den sternförmigen Rest des secundären Holzkörpers, ausserdem noch zerstreute Holztheile im Parenchym. $\frac{21}{1}$.

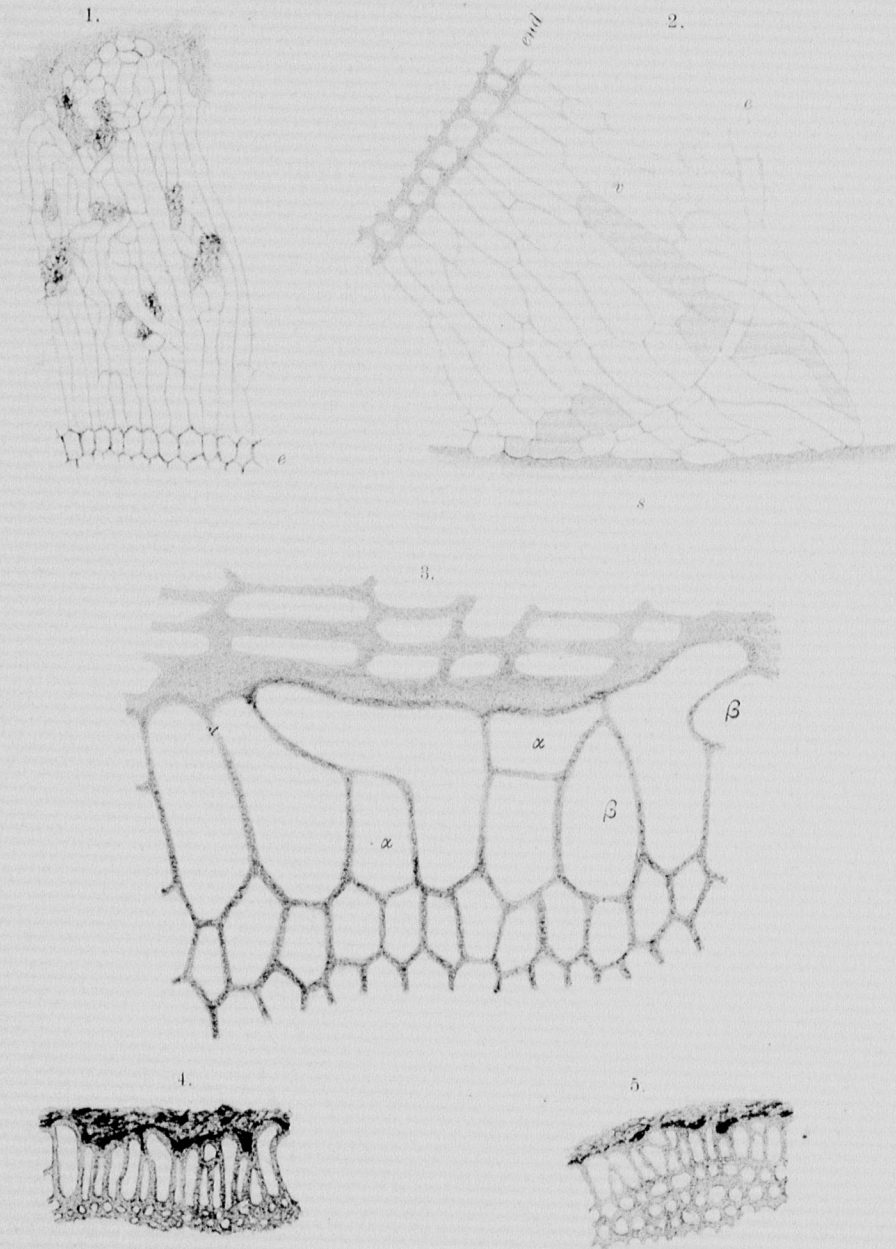
Fig. 21. Junge, knollenförmige Wurzel von *Ficus*. Radialer Längsschnitt. Bedeutung der Punktirung u. s. w.

wie bei Fig. 20. Der ursprüngliche secundäre Holzkörper ist wellenförmig gebogen. $\frac{6}{1}$.

Fig. 22. *Heptapleurum ellipticum*. Wurzel quer. *a* Nährwurzel. Der Holzkörper enthält viele, weite Gefässe und ziemlich weitlumiges Holzparenchym. *b* Haftwurzel mit wenigen, englumigen Gefässen. $\frac{70}{1}$.

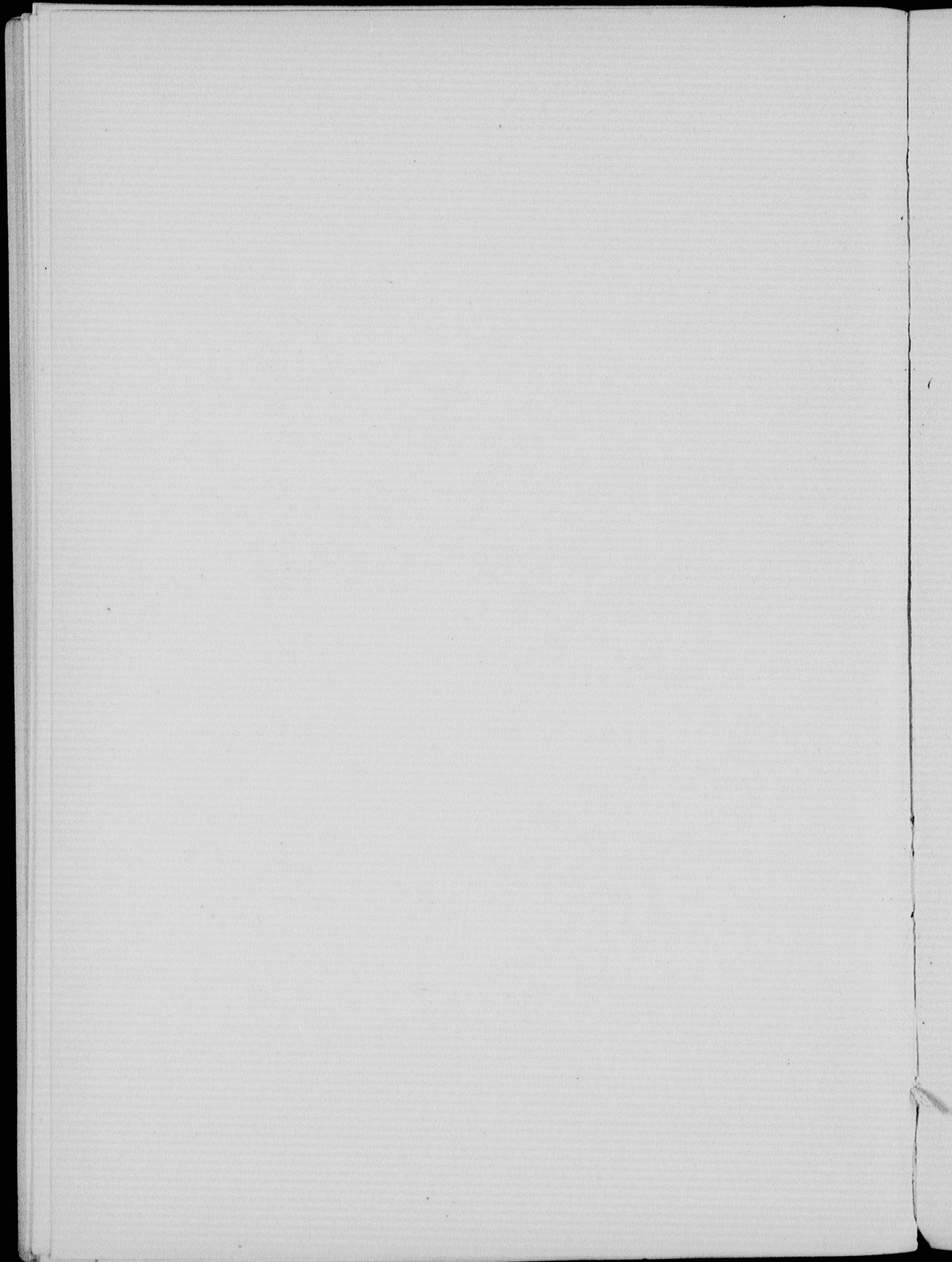
DRUCKFEHLER.

| | | | |
|------------------|------------------------|------|-----------------|
| S. 1, Z. 6, | statt Wurzelkletterern | lies | Wurzelkletterer |
| » 3, » 6, | » Schotti | » | Schottii |
| » 3, » 8, | » Irube | » | Imbe |
| » 3, » 5 v. u., | » Belle | » | Betle |
| » 4, » 11 v. u., | » Kadsoua | » | Kadsoera |
| » 9, » 2 v. u., | » Cacez | » | Chlorcalcium |
| » 18, » 17 } | » Canarienbaum | » | Canariumbaum |
| » 28, » 13 } | | | |



F. Went del.

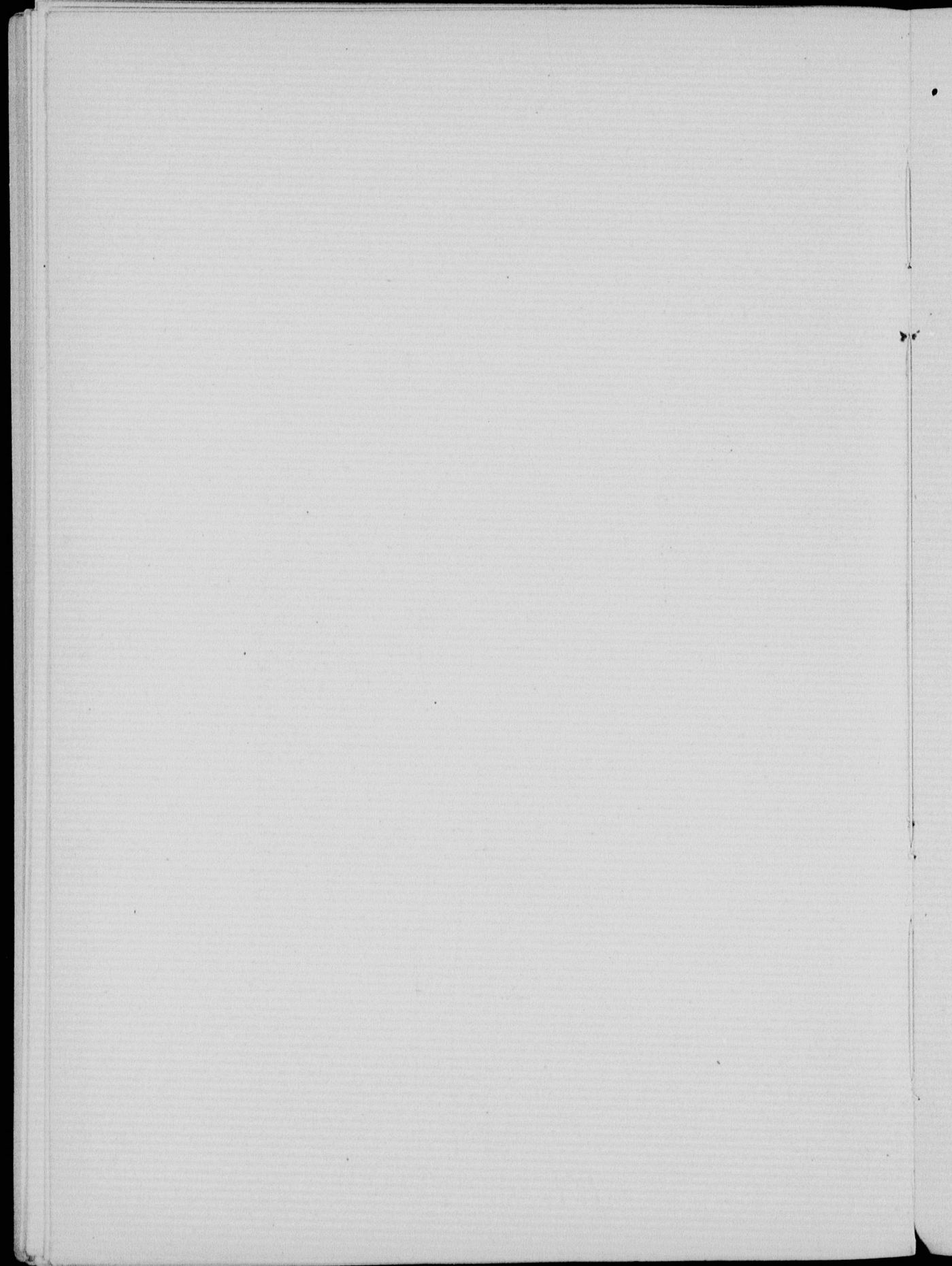
Lichtdruk van Emrik & Binger, Haarlem.

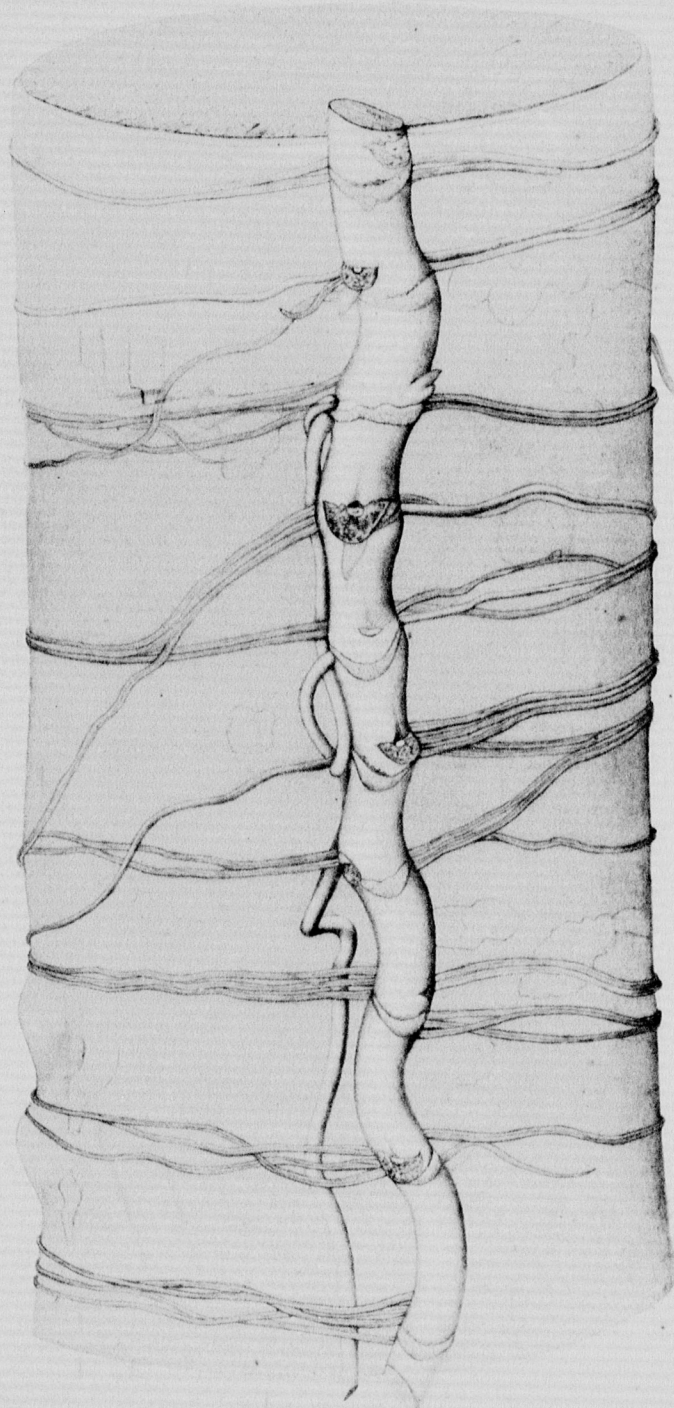




F. Went del.

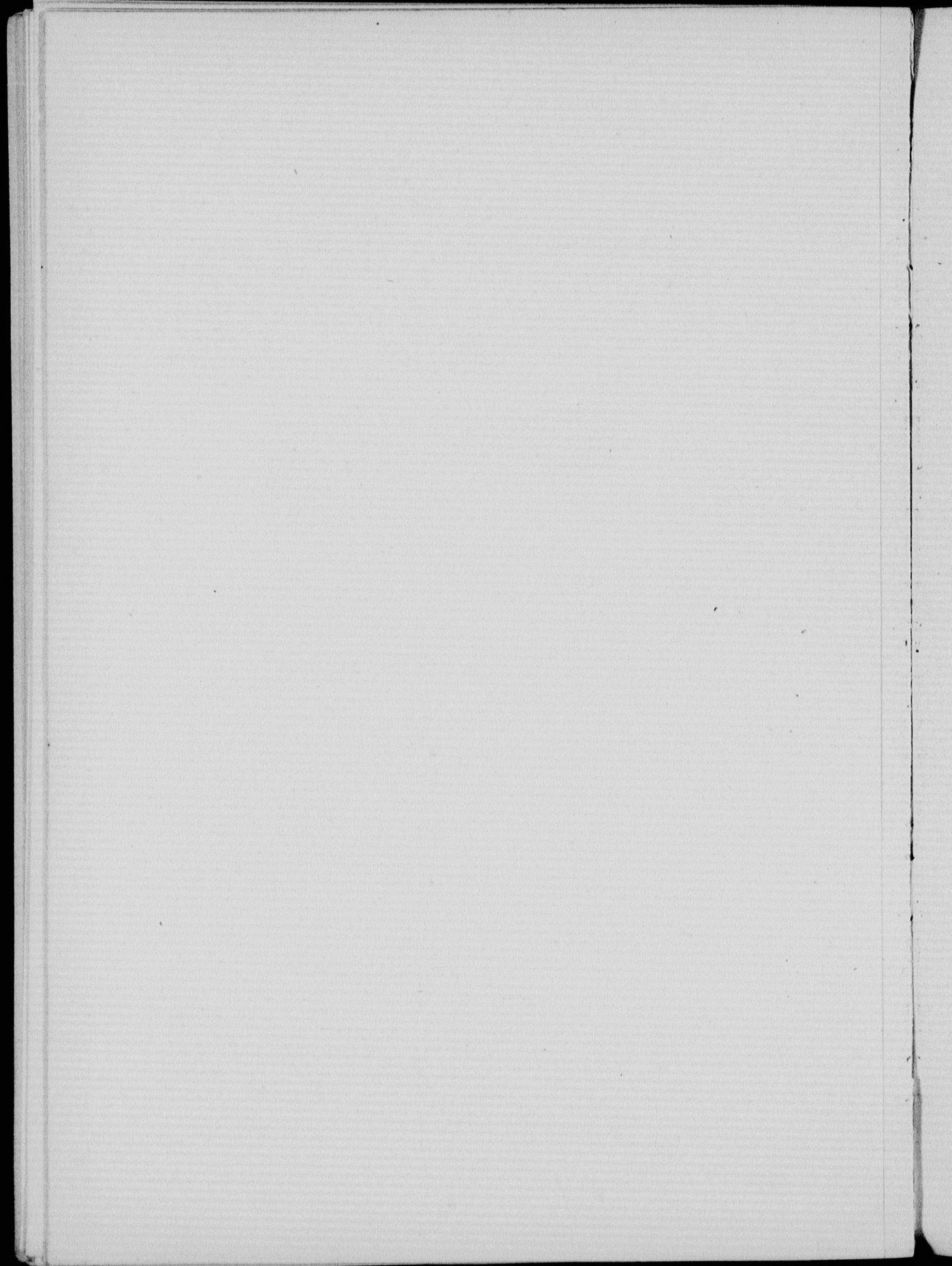
Lichtrook van Emrik & Binger, Haarlem.

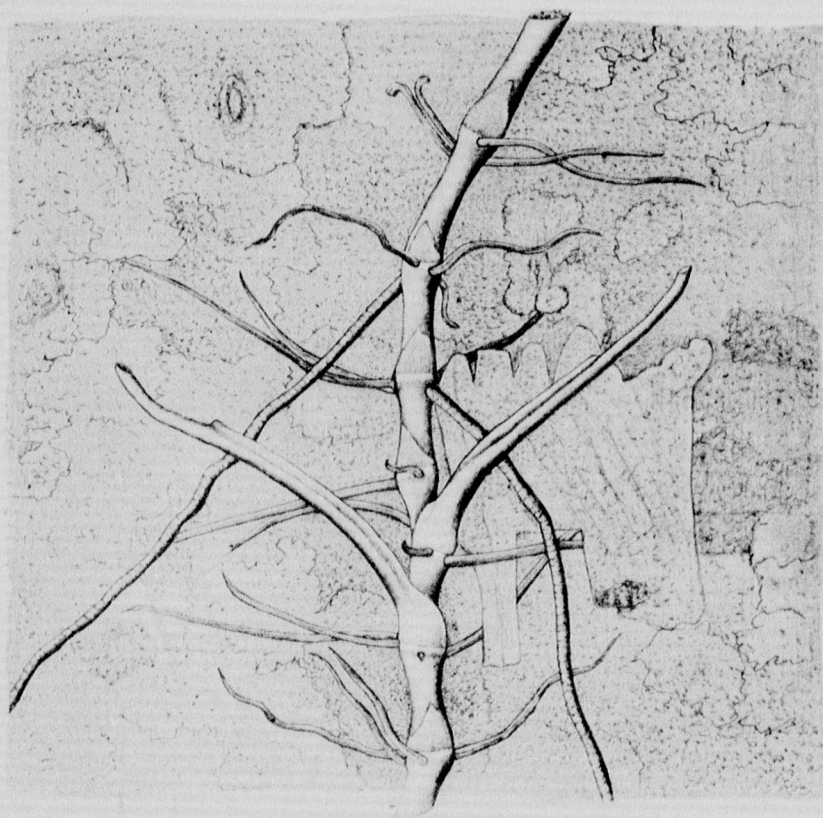
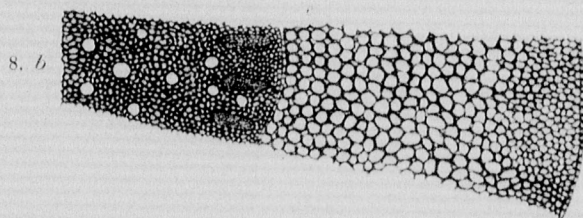
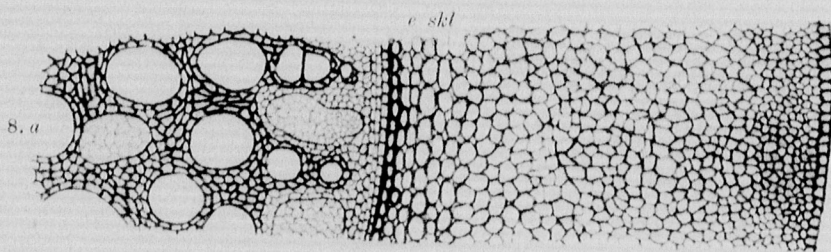




F. Went del.

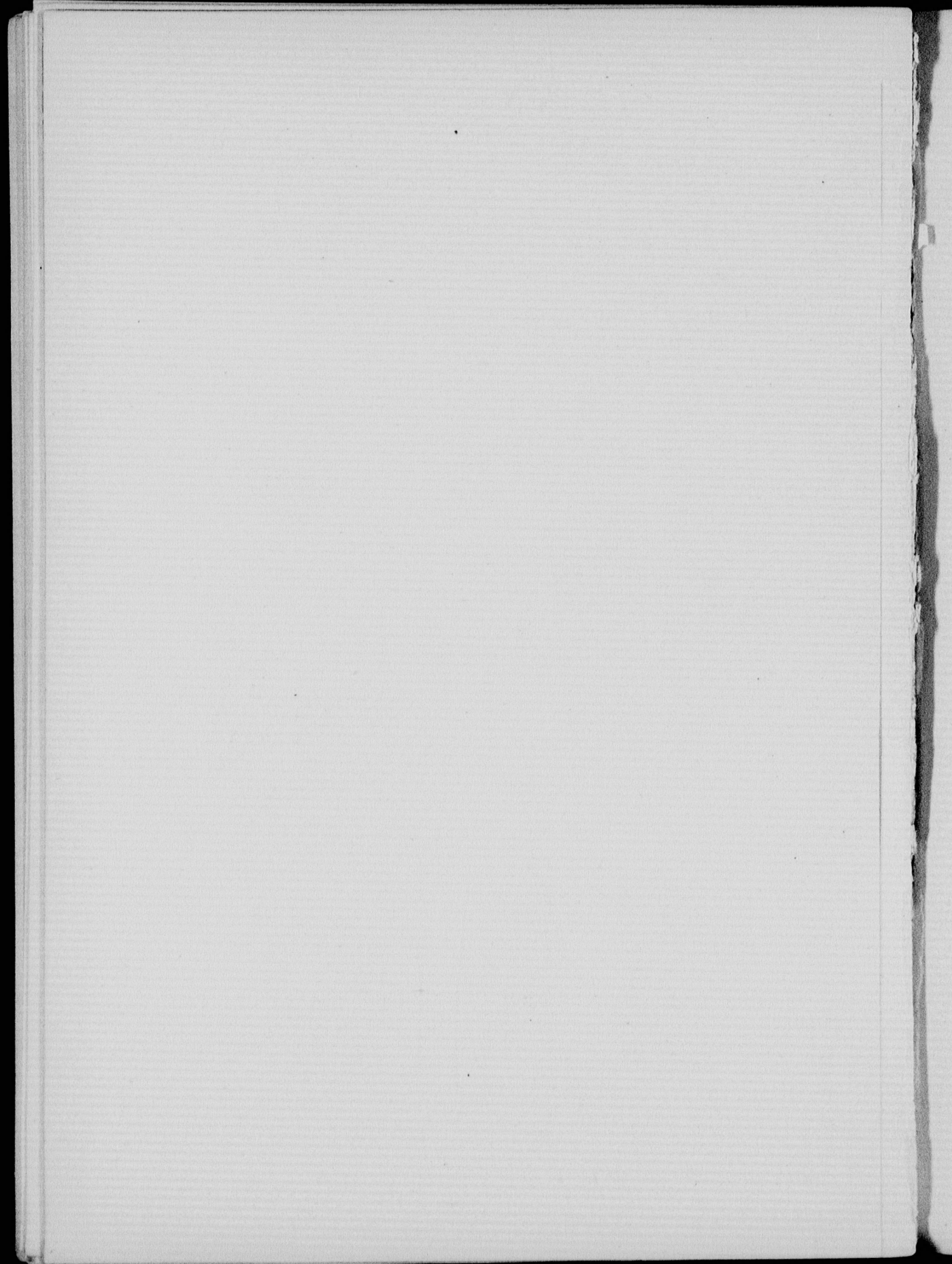
Lichtdruk van Emrik & Binger, Haariem.





F. Went del.

Lichtdruk van Emrik & Binger, Haarlem.

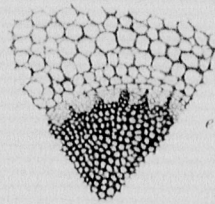




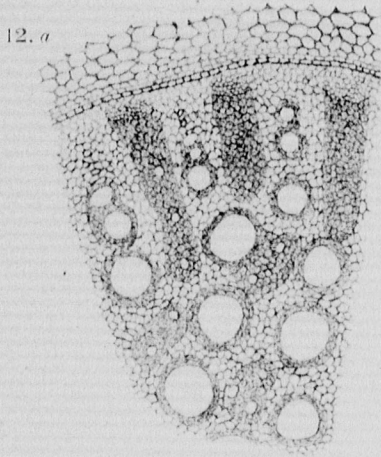
10. a



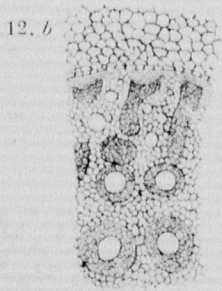
10. b



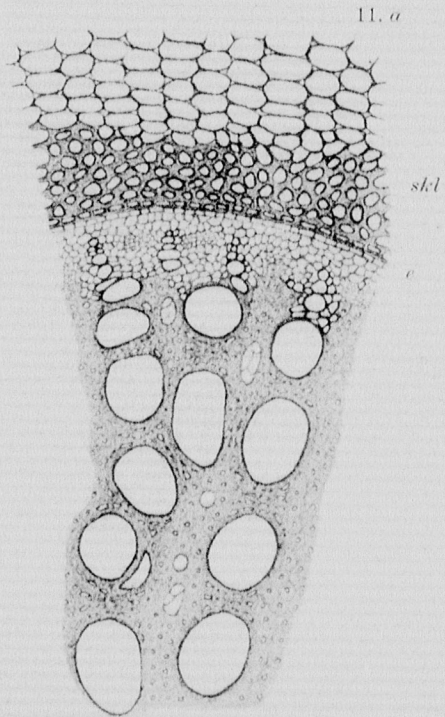
11. b



12. a



12. b

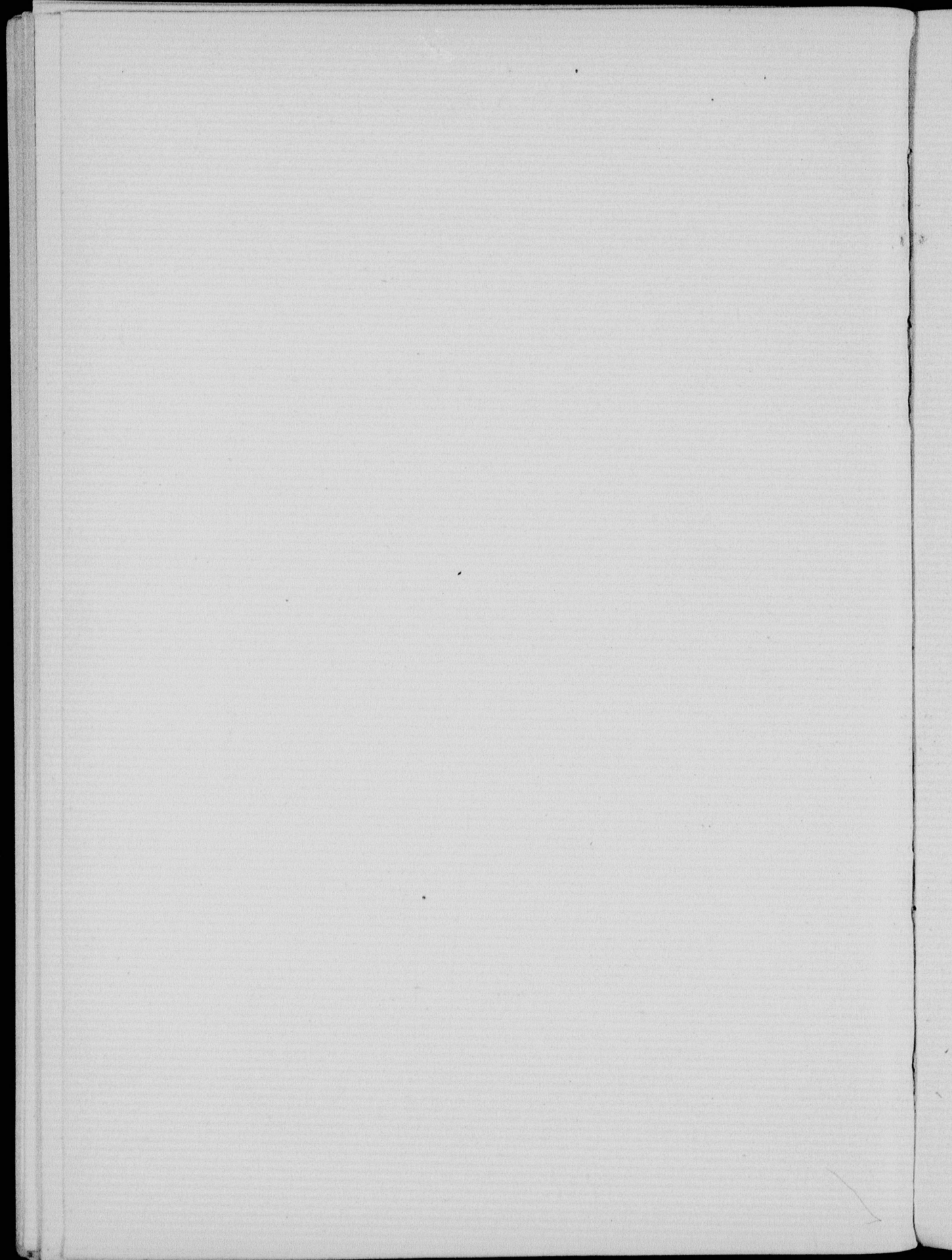


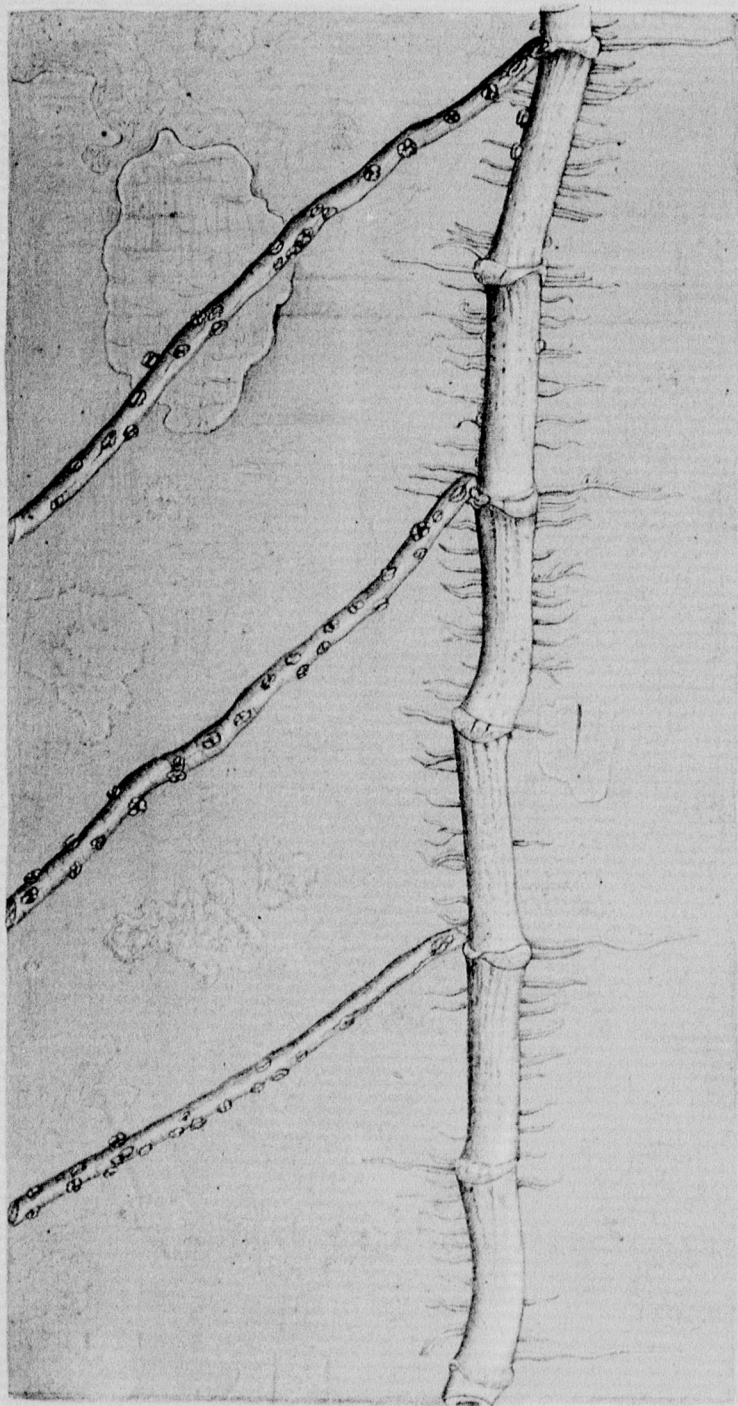
11. a

skel

F. Went del.

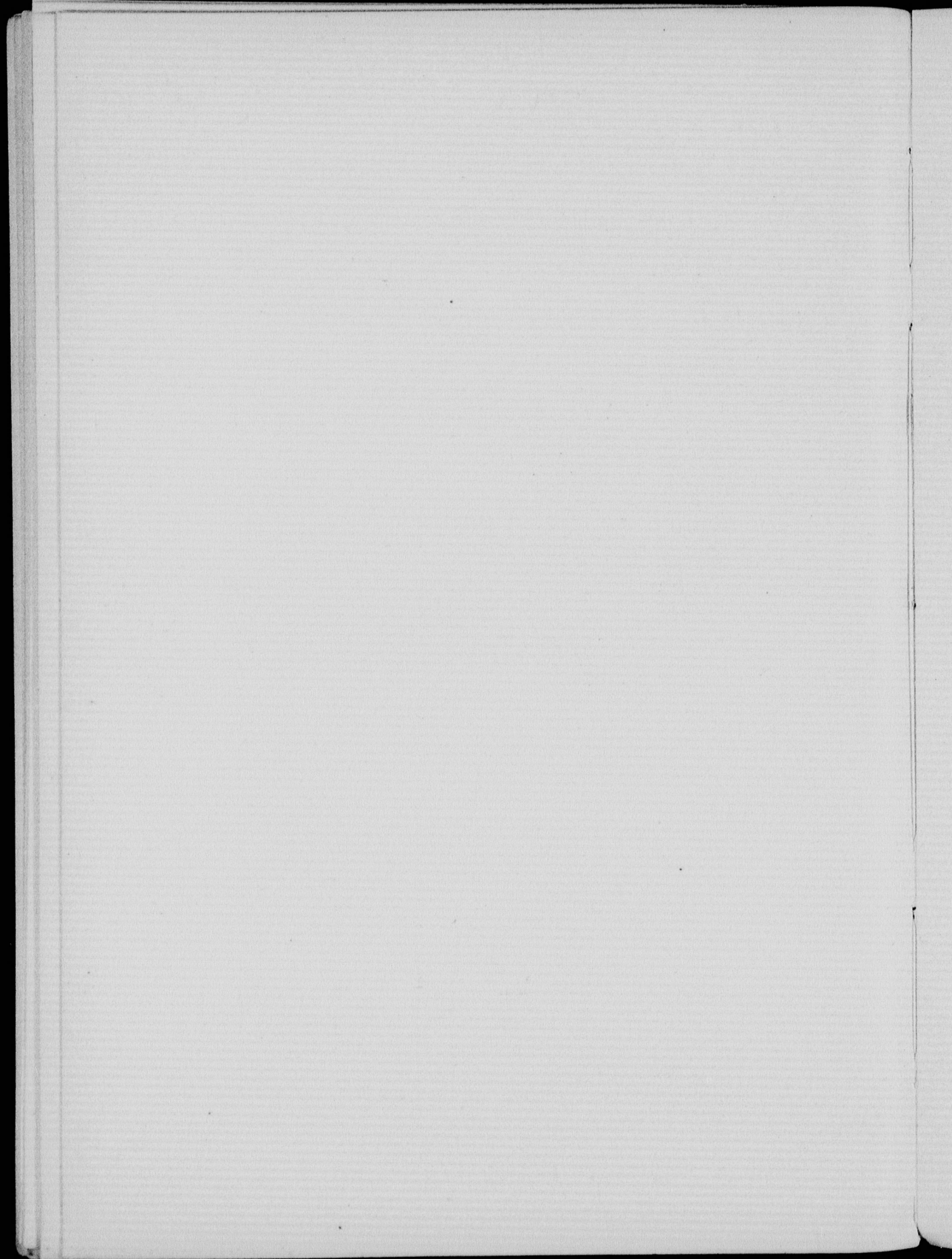
Lichtdruk van Emek & Ringer, Haarlem.

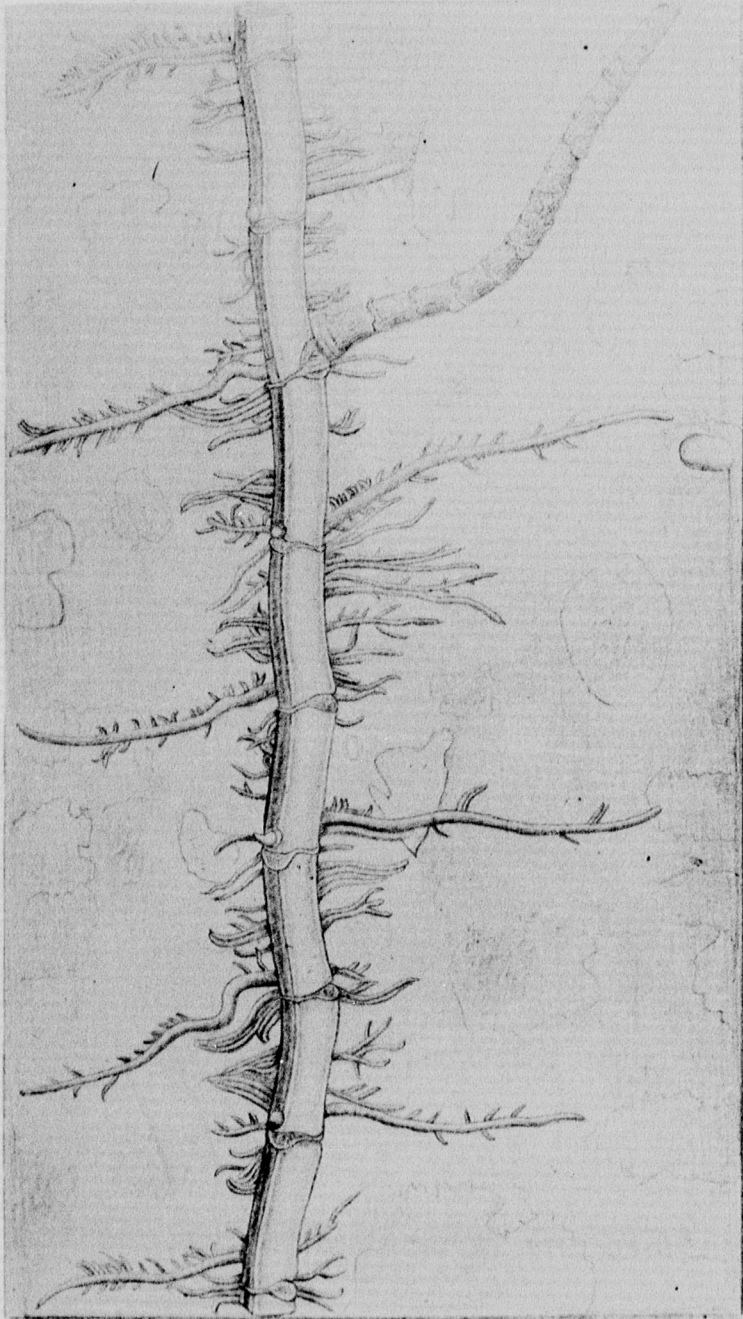




F. Went del.

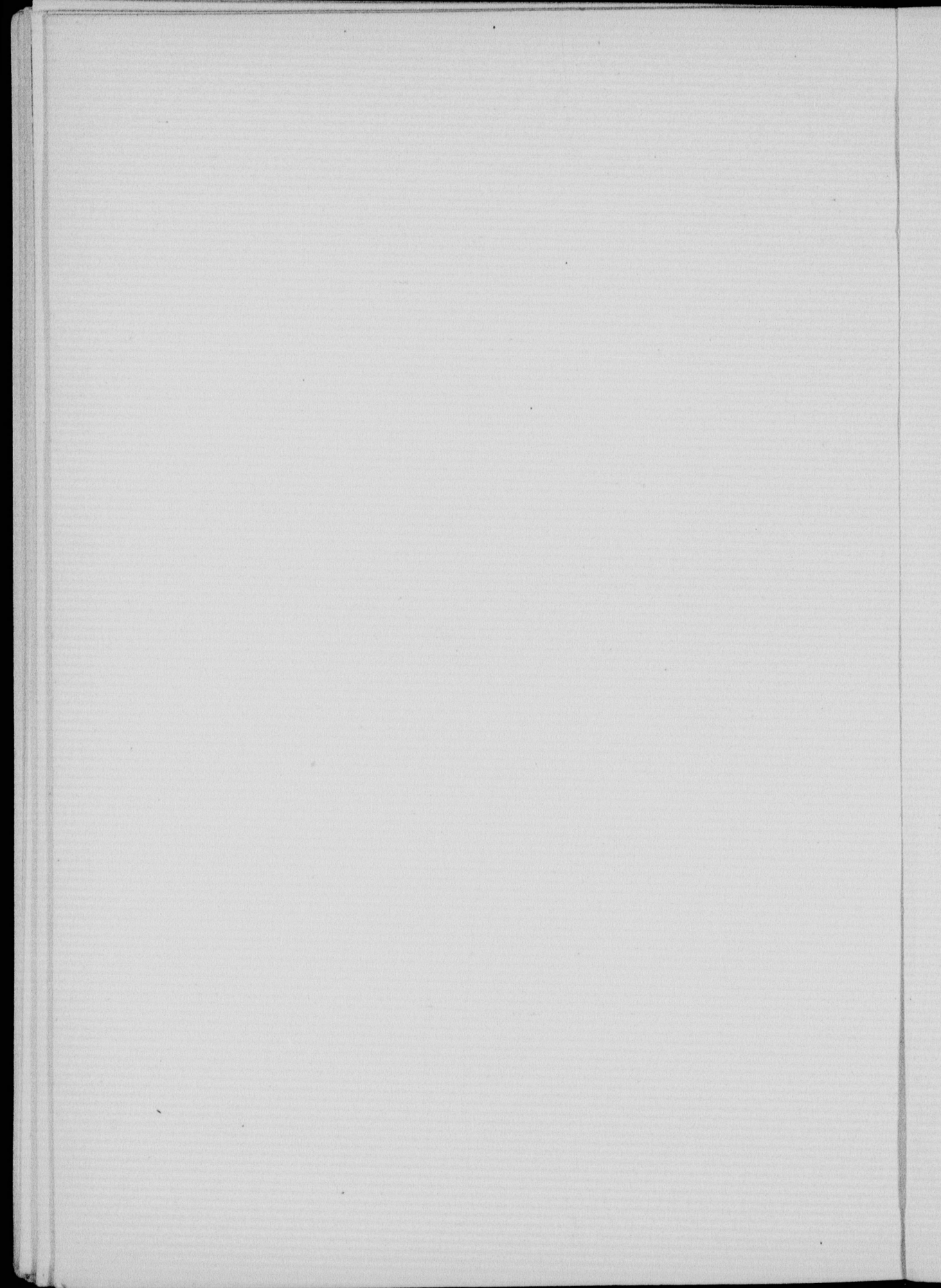
Lichtdruk van Emrik & Binger, Haarlem.

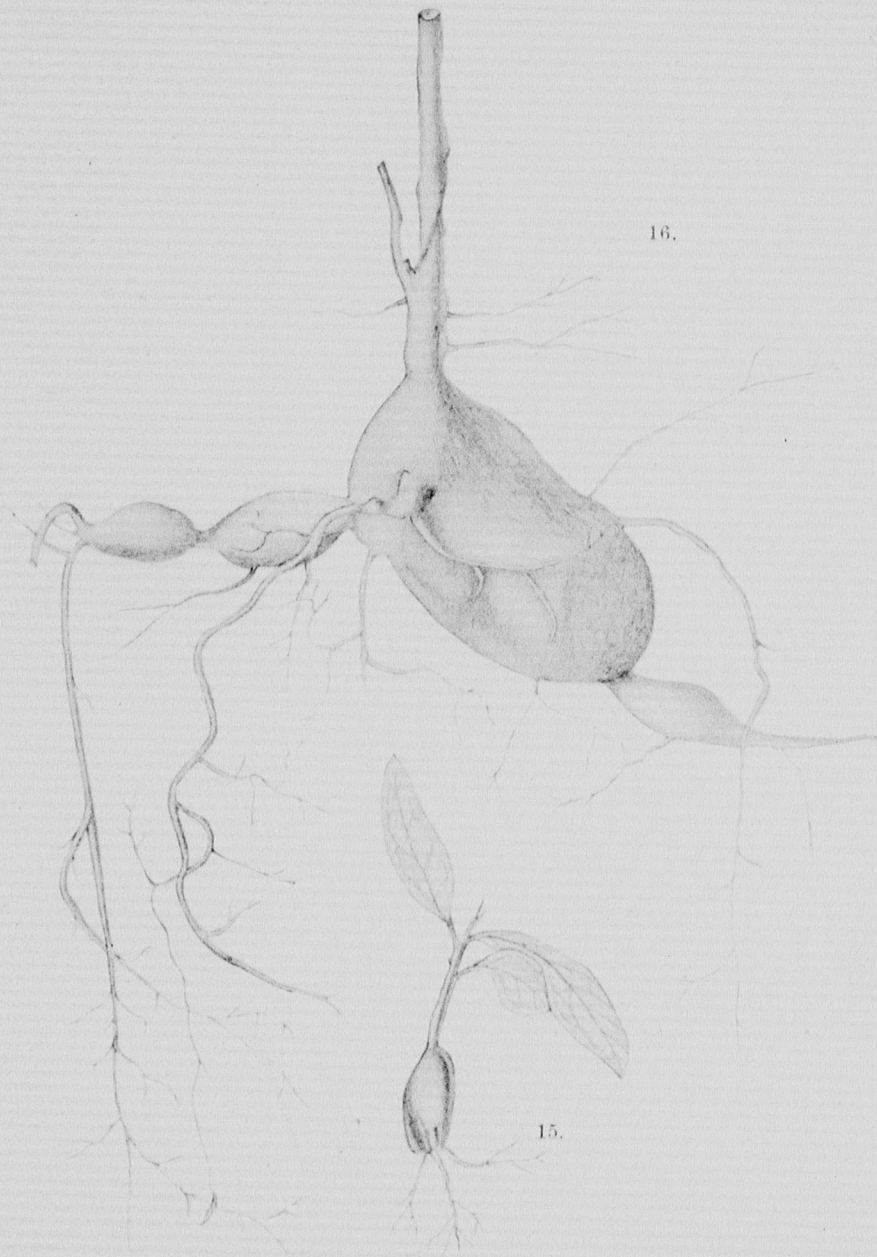


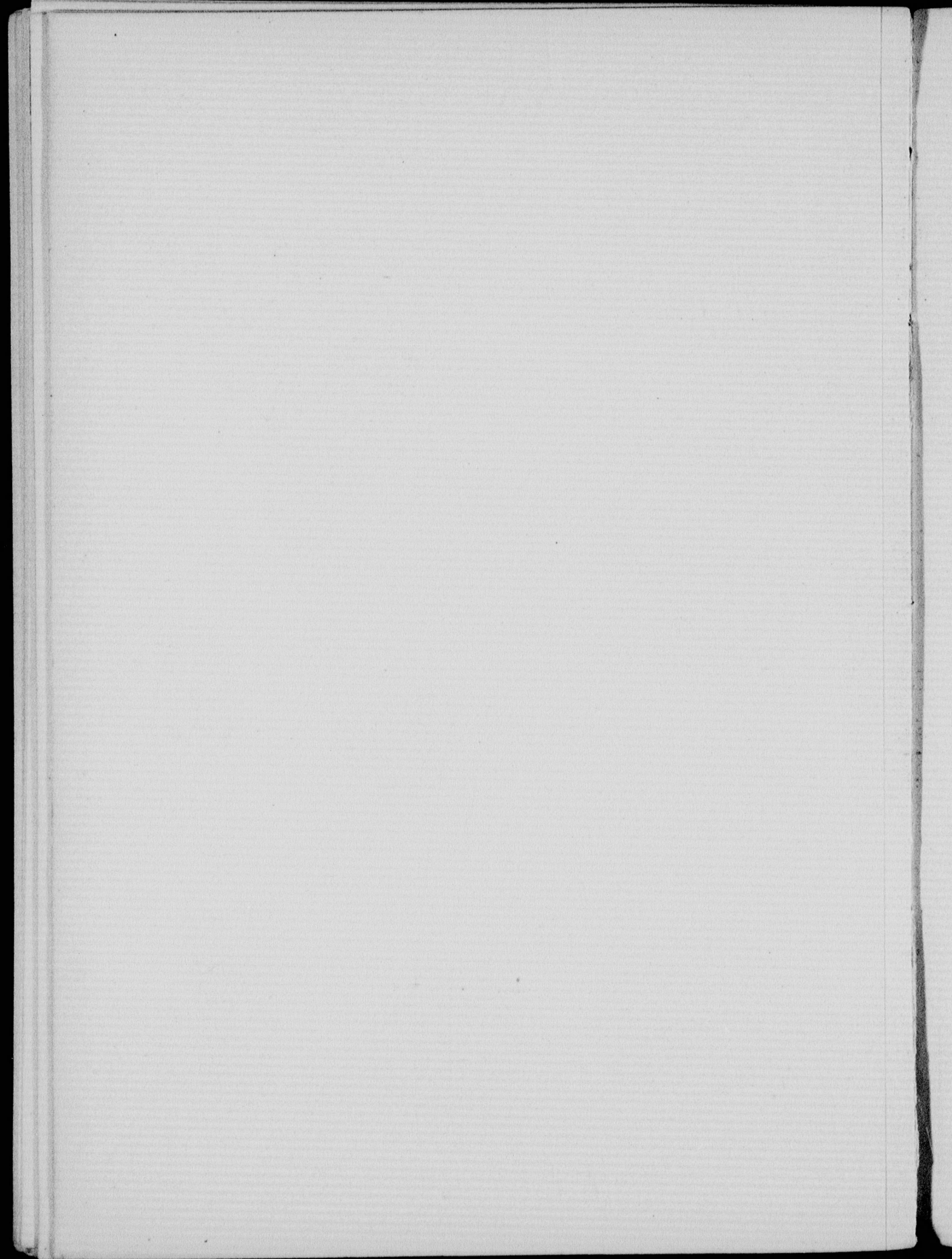


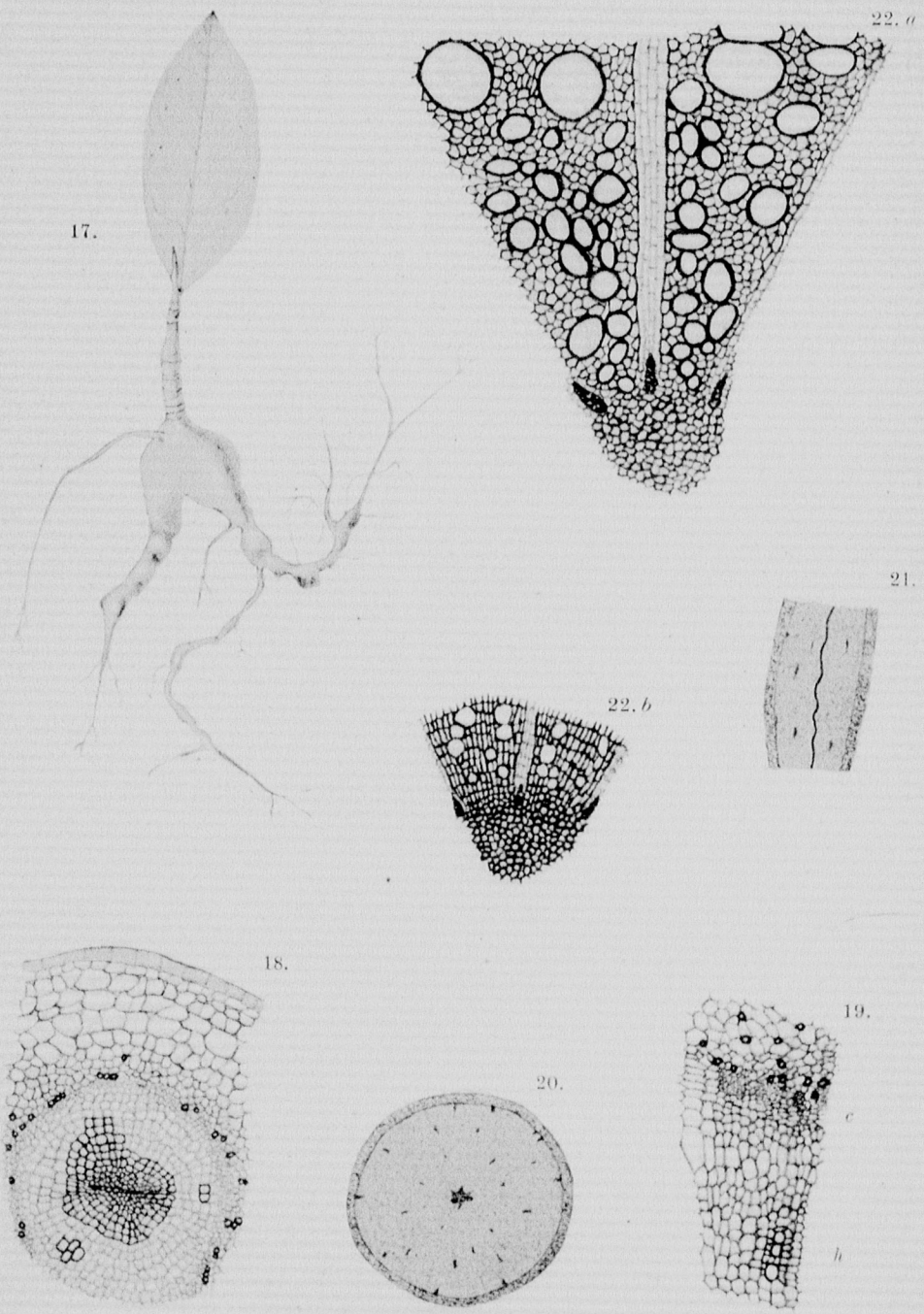
F. Went del.

Lichtdruk van Emrik & Binger, Haarlem.









F. Went del.

